

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE TRANSIÇÃO DO SW  
ALENTEJANO A DISTINTAS ESCALAS TEMPORAIS**

**ANABELA GONÇALVES CRUCES**

Doutoramento em Geologia

Especialidade Geologia Económica e do Ambiente

2015





UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE TRANSIÇÃO DO SW  
ALENTEJANO A DISTINTAS ESCALAS TEMPORAIS**

**ANABELA GONÇALVES CRUCES**

Tese orientada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria da Conceição de Pombo Freitas e  
pelo Prof. Doutor José Manuel Urbano Munhá,  
especialmente elaborada para a obtenção do grau de doutor em Geologia na  
especialidade de Geologia Económica e do Ambiente.

2015





*À minha família que permanentemente acreditou no nascimento desta "segunda filha". Principalmente à minha mãe fonte inesgotável de amor e energia e à minha verdadeira e amada filha Ana que muitas horas deste amor partilhou comigo (já na barriga partilhava o meu amor pelas lagoas alentejanas). Para ti filha mais do que palavras são imagens, cores, sons, momentos, aromas, que partilhámos destes ambientes.*



*A todos os que tornaram este momento possível ...*





*“... Nesta caravela me embarquei eu, e ela partiu logo. E ao outro dia pela manhã, estando nós cerca de Sesimbra, nos acometeu um corsário francês e, abalroando connosco, nos lançou dentro quinze ou vinte homens, os quais, sem resistência nem contradição dos nossos, se assenhoraram do navio e depois que o despojaram de tudo quanto acharam nele, que valia mais de seis mil cruzados, o meteram no fundo. E a dezassete que escapámos com vida, atados de pés e de mãos nos meteram no seu navio, com fundamento de nos levarem a vender a Larache, para onde se diziam que iam carregados de armas que os mouros levavam para negociar.*

*E trazendo-nos com esta determinação mais treze dias, banqueteados cada hora de muitos açoites, quis sua boa fortuna que no cabo deles, ao pôr do Sol, avistaram uma vela e seguindo-a aquela noite orientados pela sua esteira, como velhos oficiais práticos naquela arte, chegaram a ela antes do render do quarto da modorra, e dando-lhes três descargas de artilharia a abalroaram muito esforçadamente. E ainda que na defesa tivesse sido posta por parte dos nossos alguma resistência, nem isso bastou para que os inimigos deixassem de tomá-la, com morte de seis portugueses e dez ou doze escravos.*

*Era esta navio uma formosa nau de um mercador de Vila do Conde que se chamava Silvestre Godinho, que os outros mercadores de Lisboa traziam fretada de S. Tomé com muito açúcar e escravos, a qual os pobres roubados, que lamentavam a sua desventura, avaliavam em quarenta mil cruzados. Assim que estes corsários se viram com presa tão rica, mudando o propósito que antes traziam, fizeram-se de volta a França e levaram consigo alguns dos nossos para serviço da marinha da nau que tinham tomada. E aos outros mandaram uma noite lançar na **praia de Melides**, nus e descalços, e alguns com muitas chagas dos açoites que tinham levado, os quais desta maneira foram ao outro dia ter a Santiago de Cacém, onde todos foram muito bem providos do necessário pela gente da terra, e principalmente por uma senhora que aí estava, de nome D. Brites, filha do conde de Vilanova e mulher de Alonso Perez Pantoja, comendador e alcaide-mor da mesma vila.”*



## AGRADECIMENTOS

A realização de um trabalho desta natureza, independentemente do tempo que decorra entre o seu início e o seu término, conta inevitavelmente com o apoio de muitos professores, colegas, investigadores e técnicos da nossa e de outras instituições que nos acolhem e proporcionam momentos de aprendizagem, alunos, população dos locais onde efectuamos as campanhas de campo e fundamentalmente dos nossos AMIGOS e FAMÍLIA. Foram tantos os que me proporcionaram apoio durante os trabalhos, que se torna quase impossível enumera-los sem correr o risco de falhar algum.

Ao aperceber-me que já trabalho nestes ambientes costeiros desde 1997, momento em que os meus “pais científicos” (os Professores Conceição Freitas e César Andrade) me lançaram o desafio de enveredar pelo estudo dos ambientes de transição, o sentimento é de profundo reconhecimento a estes dois professores que tantos momentos de aprendizagem e crescimento me proporcionaram. É impossível agradecer de forma sectorial, ou seja só a quem esteve envolvido para os resultados desta dissertação. A verdade é que nos últimos 18 anos foram tantos os ambientes de transição onde trabalhei e foram tantas as pessoas com as quais aprendi, que vou aproveitar para agradecer a todos os que me têm acompanhado e proporcionado o meu crescimento como estudiosa dos ambientes costeiros.

Naturalmente que o meu reconhecido agradecimento se dirige à Professora Conceição Freitas, que ao longo destes (muitos) anos me tem acompanhado e proporcionado inúmeros (e são mesmos inúmeros que quero dizer e não numerosos!) momentos de crescimento profissional e pessoal. A sua forma entusiástica, empenhada e determinada foi crucial para que a concretização desta tese fosse uma realidade, facultando-me os meios logísticos necessários. A sua disponibilidade permanente, proporcionou-me um estimulante ambiente de trabalho e as suas críticas oportunas contribuíram para o enriquecimento do trabalho desenvolvido. Agradeço ainda o esforço empreendido para me proporcionar a participação em cursos e reuniões de carácter científico, no país e no estrangeiro e por me convidar para participar em variados projectos de investigação e prestações de serviços. Espero que continue a dirigir a sua equipa da forma dinâmica como sempre tem feito, constituindo um exemplo que merece ser seguido.

Ao meu segundo orientador, o Professor Manuel José Munhá agradeço todo o apoio e disponibilidade nas discussões da química de sedimentos e a oportunidade de ter realizado um Estágio no Centro de Geocronologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sob a orientação do Professor Colombo Tassinari, o que me possibilitou a familiarização e aprendizagem das técnicas (Espectrometria de Massa) utilizadas na determinação de isótopos radiogénicos.

Ao Professor César Andrade deixo aqui o meu sentido agradecimento pelos seus valiosos ensinamentos e apoio científico e pela forma tão pedagoga com que continua a transmitir a temática do litoral. Todos os momentos de aprendizagem foram preciosos e fundamentais para que eu desenvolvesse um olhar mais integrador sem me distrair com o pormenor.

À Doutora Maria de Fátima Araújo agradeço todo o apoio e ensinamentos proporcionados no Instituto Tecnológico e Nuclear, onde durante um tempo passei a “morar”. A ela agradeço o “mergulho no mundo da geoquímica”, constituindo um apoio precioso para a discussão de numerosos resultados.

Gostaria de expressar aqui um agradecimento especial a todas as comunidades locais com as quais tenho tido o privilégio trabalhar, pescadores, orizicultores, técnicos de autarquias, entidades de fiscalização (GNR, PSP), bombeiros, todos os que de uma forma ou de outra contribuíram para que agora os resultados pudessem ser apresentados. Nestas regiões criei laços com famílias, aprendi os seus ritmos e aprendi o amor que têm as estas lagunas, muitas vezes o seu único sustento familiar. Aprendi que temos de gerir o nosso território mas não podemos esquecer quem dele depende. Alguns já partiram mas deixaram em mim uma pequena parte do seu vasto conhecimento vivenciado ali todos os dias e que eu “bebia” com sofreguidão. A estes rostos que muitas vezes ficam anónimos deixo o meu profundo agradecimento.

Aos funcionários do CEGSA agradeço as facilidades e o empenho demonstrado para me facultarem todo o tipo de informação referente às sondagens existentes no seu espólio bibliotecário.

Um agradecimento muito especial à Arquitecta Ana Vidal e aos restantes técnicos do ICNF, por todo o apoio durante estes anos nas campanhas de campo dos Poços, da Lagoa da Sancha e da Lagoa de Santo André.

Aos meus colegas que comigo partilharam tantas e tantas campanhas de campo, momentos que ainda hoje despertam memórias que teimamos em partilhar sempre que estamos juntos. Obrigada a todos mas em especial aos do grupo ProCoast que durante anos partilharam vitórias e angústias: Sandra Moreia, Rute Ramos, Alexandra Oliveira, Tiago Silva, Pedro Costa, Inês Nunes, Ana Costa, Ana Silva e tantos outros que por aqui foram passando.

Às minhas amigas Alexandra Amorim, Tânia Ferreira e Vera Lopes que sempre acreditaram (mais que a própria) que este livro veria a luz do dia. O estudo dos ambientes costeiros proporcionou o nosso encontro mas a vida alinhou-nos na mesma estrada e hoje continuam comigo para além do percurso profissional. No entanto, tenho de deixar aqui um agradecimento muito especial à Verita por ser como é, por ter um coração do tamanho do mundo, por ser minha amiga sem esperar retorno e acima de tudo pela força, pelo entusiasmo que a caracteriza. Continua sempre igual a ti própria!

Por último, naturalmente não esqueço a minha FAMÍLIA, suporte durante todos estes anos de entrega às lagunas. Aos meus pais e irmã por toda a força me continuam a dar, especialmente a minha mãe que se mantém como uma referência na minha existência. A tua forma positiva de ver a vida contagiou-me e agradeço-te toda a fé que me deste quando a minha teimava em deixar-me não ver este trabalho concluído. Obrigada pelo teu amor e pela tua mão.

Ao meu marido e filha, eles por vezes também envolvidos nas campanhas de campo. Obrigada por compreenderem esta minha paixão pelas lagunas, embora, por vezes, com elevados custos na vida familiar. Ter o vosso apoio e incentivo foi fundamental foram imprescindíveis para a conclusão desta dissertação.

A todos o que possibilitaram e colaboraram o meu mais sincero e profundo agradecimento.



AGRADECIMENTOS.....	I
ÍNDICE.....	III
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	3
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
I.1 Introdução e Objectivos.....	7
I.1.1 SISTEMAS CONSTITUINTES DOS AMBIENTES LAGUNARES.....	10
I.1.1.1 SISTEMA LITORAL.....	10
I.1.1.2 SISTEMA LAGUNAR .....	11
I.1.1.3 SISTEMA CONTINENTAL .....	12
I.1.2 SISTEMAS CONSTITUINTES DOS INTERDUNARES HUMIDOS.....	13
I.2 Organização da dissertação.....	16
<b>CAPÍTULO II - AMBIENTES COSTEIROS DE SEDIMENTAÇÃO.....</b>	<b>19</b>
II.1 Ambientes Lagunares.....	21
II.1.1 INTRODUÇÃO .....	21
II.1.2 AMBIENTES LAGUNARES PORTUGUESES .....	27
II.2 Ambientes Lacustres Interdunares (Interdunares Húmidos).....	34
II.2.1 INTRODUÇÃO .....	34
II.2.2 SISTEMAS INTERDUNARES HÚMIDOS PORTUGUESES .....	39
<b>CAPÍTULO III - ALTERAÇÕES CLIMÁRICAS E VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR DURANTE O QUATERNÁRIO NO LITORAL PORTUGUÊS .....</b>	<b>45</b>
III.1 Alterações climáticas de “ordem orbital” .....	47
III.2 Alterações climáticas de “ordem milenar” .....	53
III.2.1 A ÚLTIMA GLACIAÇÃO .....	53
III.2.2 A DEGLACIAÇÃO - O TARDIGLACIÁRIO .....	55
III.2.3 O HOLOCÉNICO .....	57
III.3 Alterações climáticas de “ordem histórica” .....	62
III.4 Variação do nível médio do mar desde a última glaciação .....	65
III.4.1 INTRODUÇÃO .....	65
III.4.2 CURVA DO NÍVEL DO MAR EM PORTUGAL .....	68
<b>CAPÍTULO IV - ENQUADRAMENTO DA ÁREA EM ESTUDO .....</b>	<b>81</b>
IV.1 Enquadramento geográfico e características gerais .....	83
IV.2 Enquadramento Geológico .....	89
IV.2.1 PALEOZÓICO .....	92
IV.2.2 MESOZÓICO .....	92
IV.2.2.1 TRIÁSICO SUPERIOR - JURÁSSICO INFERIOR (HETANGIANO) .....	93
IV.2.2.1.1 Formação dos Grés de Silves .....	93
IV.2.2.1.2 Formação vulcano-sedimentar do Alto da Guerra (Hetangiano-Sinemuriano) .....	93
IV.2.2.2 CRETÁCICO .....	93
IV.2.2.3 ROCHAS ERUPTIVAS .....	93
IV.2.3 CENOZÓICO .....	94
IV.2.3.1 NEOGÉNICO .....	94
IV.2.3.1.1 Miocénico .....	94
IV.2.3.1.2 Pliocénico .....	95
IV.2.3.2 QUATERNÁRIO .....	95
IV.2.3.2.1 Plistocénico .....	95
IV.2.3.2.2 Holocénico .....	96
A) Dunas.....	96
B) Areias de praia .....	96
C) Aluviões .....	96

IV.3	Enquadramento Tectónico .....	97
V.4	Enquadramento Geomorfológico .....	102
IV.4.1	INTRODUÇÃO .....	102
IV.4.2	BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE MELIDES .....	103
IV.4.3	“BACIA HIDROGRÁFICA” DOS POÇOS DO BARBAROXA .....	105
IV.4.4	BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DA SANCHÁ .....	106
IV.5	Zona lmersa .....	107
IV.6	Enquadramento Climático .....	111
IV.6.1	AGENTES CLIMÁTICOS .....	111
IV.6.2	AGENTES OCEÂNICOS .....	116
IV.6.2.1	MARÉ .....	116
IV.6.2.2	AGITAÇÃO MARÍTIMA .....	117
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>- MÉTODOS.....</b>	<b>121</b>
V.1	Introdução .....	123
V.2	Trabalhos de campo .....	123
V.2.1	MICROESCALA .....	
V.2.1.1	CORPO AQUOSO ((REDES DE AMOSTRAGEM E CAMPANHAS DE CAMPO)/COTA ABSOLUTA DO PLANO DE ÁGUA LAGUNAR .....	124
V.2.1.1.1	Lagoa de Melides .....	125
V.2.1.1.2	Poços do Barabroxa (Baixo, Meio, Cima) .....	126
V.2.1.1.3	Lagoa da Sancha .....	129
V.2.1.2	SEDIMENTOS SUPERFICIAIS (REDES DE AMOSTRAGEM E CAMPANHAS DE CAMPO) .....	130
V.2.1.2.1	Sedimentos da barreira arenosa .....	131
A)	<i>Lagoa de Melides</i> .....	131
B)	<i>Poços do Barabroxa</i> .....	131
C)	<i>Lagoa da Sancha</i> .....	131
V.2.1.2.2	Sedimentos Lagunares (Fundo - Margens) .....	133
A)	<i>Lagoa de Melides</i> .....	133
B)	<i>Poços do Barabroxa</i> .....	133
C)	<i>Lagoa da Sancha</i> .....	134
V.2.1.2.3	Sedimentos Fluviais .....	139
A)	<i>Lagoa de Melides</i> .....	139
B)	<i>Poços do Barabroxa</i> .....	139
C)	<i>Lagoa da Sancha</i> .....	139
V.2.2	MESOESCALA .....	142
V.2.2.1	TESTEMUNHOS DE SONDAGEM “CURTOS” .....	142
V.2.3	MACROESCALA .....	142
V.2.3.1	TESTEMUNHOS DE SONDAGEM “LONGAS” .....	142
V.2.3.1.1	Lagoa de Melides .....	142
V.2.3.1.2	Poços do Barabroxa .....	144
V.2.3.1.3	Lagoa da Sancha .....	147
V.3	Ensaio Laboratoriais .....	150
V.3.1	INTRODUÇÃO .....	150
V.3.1.1	AMOSTRAS SUPERFICIAIS (MICRO-ESCALA TEMPORAL) .....	150
V.3.1.2	SONDAGENS “CURTAS” (MESOESCALA TEMPORAL) .....	150
V.3.1.3	SONDAGENS “LONGAS” (MACROESCALA TEMPORAL) .....	152
V.3.2	SEDIMENTOLOGIA .....	153
V.3.2.1	TEOR EM ÁGUA .....	154
V.3.2.2	PH .....	155
V.3.2.3	TEOR EM CARBONATOS .....	155
V.3.2.4	TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA .....	156
V.3.2.5	TEXTURA .....	158
V.3.2.5.1	Sedimentos “Finos” (Fracção <63µm - “Siltos + Argilas”) .....	158
A)	<i>Granulometria da fracção &lt;63µm</i> .....	158
B)	<i>Mineralogia da fracção &lt;2µm (argilas)</i> .....	159
V.3.2.5.2	Sedimentos “Grosseiros” (Fracção >63µm - “Areias + Balastros”) .....	160
A)	<i>Granulometria da fracção &gt;63µm</i> .....	160

B) <i>Morfometria</i> .....	161
V.3.3 GEOQUÍMICA .....	161
V.3.3.1 TÉCNICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR (ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇO) .....	163
V.3.3.1.1 Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA); Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES); Fusion Inductively Coupled Plasma Emission/Mass Spectrometry - ICP/MS; X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) .....	163
V.3.3.1.2 Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) (Fluorescência de Raio-X Dispersiva de Energias) .....	164
V.3.3.1.3 Photoionization Detector (PID) (Detector de Fotoinização) .....	167
V.3.3.2 TÉCNICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA .....	168
V.3.3.2.1 Accelerated Mass Spectrometry (AMS) - $^{14}\text{C}$ e $^{13}\delta$ (Espectrometria de Massa com Acelerador - $^{14}\text{C}$ e $^{13}\delta$ ) .....	168
V.3.3.2.2 $\gamma$ Spectrometry - sedimentation rates - $^{210}\text{Pb}$ , $^{137}\text{Cs}$ (Espectrometria $\gamma$ – Taxas de sedimentação - $^{210}\text{Pb}$ , $^{137}\text{Cs}$ ) .....	168
<b>CAPÍTULO VI - CARACTERIZAÇÃO A MICRO, MESO E - MACROESCALA TEMPORAL: DINÂMICA ACTUAL, SECULAR E MILENAR, RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>171</b>
VI.1 Sistemas Lagunares .....	173
VI.1.1 LAGOA DE MELIDES .....	173
VI.1.1.1 MICRO-ESCALA .....	173
VI.1.1.1.1 Sistema Litoral .....	173
A) <i>Barreira</i> .....	173
B) <i>Barra de maré</i> .....	174
VI.1.1.1.2 Sistema Lagunar .....	183
A) <i>Batimetria</i> .....	183
B) <i>Corpo aquoso</i> .....	183
C) <i>Sedimentos de fundo</i> .....	212
VI.1.1.1.3 Sistema Continental .....	235
A) <i>Sedimentologia</i> .....	235
B) <i>Geoquímica</i> .....	235
VI.1.1.2 MESO-ESCALA .....	236
VI.1.1.2.1 Sondagens “curtas” .....	236
A) <i>Sedimentologia</i> .....	236
B) <i>Geoquímica</i> .....	239
C) <i>Ecologia</i> .....	250
VI.1.1.3 MACRO-ESCALA .....	257
VI.1.1.3.1 Sondagem - MB .....	259
A) <i>Sedimentologia</i> .....	259
B) <i>Geoquímica</i> .....	263
C) <i>Interpretação ambiental</i> .....	272
VI.1.1.3.2 Sondagem - MIGM .....	280
A) <i>Sedimentologia</i> .....	280
B) <i>Geoquímica</i> .....	296
C) <i>Interpretação ambiental</i> .....	304
VI.1.1.3.3 Idades radiocarbono, modelos do idade e taxas de sedimentação .....	308
VI.1.1.3.4 Outras sondagem na região .....	313
A) <i>Domínio Litoral (PS1, MEL1 a MEL9, MB)</i> .....	316
B) <i>Domínio Aluvial Proximal (MIGM)</i> .....	334
C) <i>Domínio Aluvial Distal (MC, Lages, VFM, Melides)</i> .....	334
VI.1.1.3.5 Integração dos resultados a macroescala temporal das sondagens nos diferentes domínios - MODELO EVOLUTIVO PÓS-TARDIGLACIÁRIO.....	351
VI.2 Sistemas Lacustres Interdunares (Interdunares húmidos).....	365
VI.2.1 POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO .....	365
VI.2.1.1 MICRO-ESCALA .....	365
VI.2.1.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso .....	365

VI.2.1.2 MACRO-ESCALA (CARACTERIZAÇÃO DO ENCHIMENTO SEDIMENTAR HOLOCÉNICO) .....	376
VI.2.1.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico .....	376
VI.2.1.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação .....	393
VI.2.1.2.3 Interpretação dos resultados .....	395
VI.2.2 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO .....	399
VI.2.2.1 MICRO-ESCALA .....	399
VI.2.2.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso .....	399
VI.2.2.2 MACRO-ESCALA .....	399
VI.2.2.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico .....	399
VI.2.2.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação .....	410
VI.2.2.2.3 Interpretação dos resultados .....	410
VI.2.3 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA .....	413
VI.2.3.1 MICRO-ESCALA .....	413
VI.2.3.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso .....	413
VI.2.3.2 MACRO-ESCALA .....	413
VI.2.3.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico .....	413
VI.2.3.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação .....	423
VI.2.3.2.3 Interpretação dos resultados .....	425
VI.2.4 LAGOA DA SANCHÁ .....	430
VI.2.4.1 MICRO-ESCALA .....	430
VI.2.4.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso .....	430
VI.2.4.1.2 Caracterização dos sedimentos superficiais .....	442
A) <i>Sistema Praia-Duna</i> .....	442
B) <i>Sistema Lagunar</i> .....	447
VI.2.4.2 MACRO-ESCALA .....	482
VI.2.4.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico .....	482
A) <i>Caracterização sedimentológica</i> .....	482
B) <i>Caracterização geoquímica</i> .....	494
C) <i>Caracterização ecológica</i> .....	506
VI.2.4.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação .....	508
VI.2.4.2.3 Interpretação dos resultados .....	509
VI.2.5 INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS DAS DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS DOS 4 INTERDUNARES .....	515
	299
<b>CAPÍTULO VII - EVOLUÇÃO PÓS TARDI-GLACIAR DO SW ALENTEJANO .....</b>	<b>543</b>
<b>CAPÍTULO VIII - PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>567</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	571

**VOLUME DE ANEXOS**

ÍNDICE.....	A-1
ANEXOS.....	A-5
<b>Anexo I - Parâmetros físico-químicos .....</b>	<b>A-7</b>
A.I.1 - CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS HÍDRICOS.....	A-13
A.I.1.1 INTRODUÇÃO .....	A-9
A.I.1.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	A-9
A.I.1.2.1 Salinidade e Condutividade .....	A-9
A.I.1.2.2 Oxigénio Dissolvido .....	A-13
A.I.1.2.3 pH e Eh .....	A-15
A.I.1.2.4 Temperatura .....	A-18
A.I.1.2.5 Turbidez .....	A-19
A.I.2 - LAGOA DE MELIDES - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	
A.I.2.1 - TABELAS DE VALORES .....	A-20
A.I.3 - POÇOS DO BARBAROXA DE BAIXO, DO MEIO E DE CIMA - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	
A.I.3.1 TABELAS DE VALORES.....	A-23
A.I.4 - LAGOA DA SANCHÁ - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	
A.I.4.1 TABELAS DE VALORES.....	A-25
<b>Anexo II Resultados de Sedimentologia.....</b>	<b>A-31</b>
A.II.1 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS.....	A-31
A.II.1.1 ORIGEM DOS SEDIMENTOS.....	A-31
A.II.1.1.1 Introdução.....	A-31
A.II.1.2 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS .....	A-36
A.II.1.2.1 pH.....	A-37
A.II.1.2.2 Carbonatos.....	A-37
A.II.1.2.3 Matéria orgânica.....	A-38
A.II.1.2.4 Textura.....	A-40
A.II.2 LAGOA DE MELIDES.....	A-44
A.II.2.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS.....	A-44
A.II.2.2 SONDAGENS “CURTAS”.....	A-46
A.II.2.3 SONDAGENS “LONGAS”.....	A-50
A.II.3 - POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO.....	A-59
A.II.3.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DE BAIXO - BB” .....	A-59
A.II.4 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO.....	A-61
A.II.4.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DO MEIO - BM” .....	A-61
A.II.5 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA.....	A-63
A.II.5.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DE CIMA - BC” .....	A-63
A.II.6 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-65
A.II.6.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS .....	A-65
A.II.6.2 SONDAGENS “LONGAS - LS” .....	A-67
<b>Anexo III Resultados de Geoquímica .....</b>	<b>A-71</b>
A.III.1 - GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS.....	A-73
A.III.1.1 INTRODUÇÃO.....	A-73
A.III.1.2 DEFINIÇÃO DE ELEMENTO MAIOR, MENOR, TRAÇO E METAIS PESADOS.....	A-75
A.III.1.3 NORMALIZAÇÕES.....	A-78
A.III.1.3.1 Normalizadores (Co-Factores).....	A-81
A.III.1.3.2 Limitações da normalização.....	A-82
A.III.1.3.3 Correção de Quatzo e Carbonatos .....	A-82
A.III.1.4 CONCENTRAÇÕES NATURAIS VERSUS CONTAMINAÇÃO/POLUIÇÃO (DEFINIÇÃO DE VALORES DE FUNDO - “BACKGROUND VALUES”).....	A-83
A.III.1.4.1 Introdução.....	A-83
A.III.1.4.2 Factores de enriquecimento.....	A-85
A.III.1.4.3 Critérios de qualidade para sedimentos.....	A-86
A.III.1.5 - ORIGEM DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	A-89
A.III.1.5.1 Introdução.....	A-89

A.III.1.5.2	Elementos maiores, menores e vestigiais (traço).....	A-90
A)	Alumínio (Al).....	A-90
B)	Cálcio (Ca).....	A-92
C)	Chumbo (Pb).....	A-93
D)	Cobre (Cu).....	A-95
E)	Crômio (Cr).....	A-98
F)	Enxôfre (S) e Halogenetos (Cl, Br, I).....	A-101
G)	Estrôncio (Sr).....	A-107
H)	Ferro (Fe).....	A-109
I)	Itrio (Y).....	A-111
J)	Potássio (K).....	A-112
K)	Magnésio (Mg).....	A-113
L)	Manganês (Mn).....	A-114
M)	Niobio (Nb).....	A-116
N)	Níquel (Ni).....	A-118
O)	Silício (Si).....	A-120
P)	Rubídio (Rb).....	A-121
Q)	Titânio (Ti).....	A-123
R)	Zinco (Zn).....	A-124
S)	Zircônio (Zr).....	A-127
A.III.2	LAGOA DE MELIDES.....	A-129
A.III.2.1	- SUPERFICIAIS.....	A-129
A.III.2.2	- SONDAGENS “CURTAS”.....	A-129
A.III.2.3	- SONDAGENS “LONGAS”.....	A-130
A.III.3	LAGOA DA SANCHÁ.....	A-135
A.III.3.1	SUPERFICIAIS.....	A-135
A.III.3.2	SONDAGENS “LONGAS”.....	A-135
<b>Anexo IV</b>	<b>Log's de Sondagens.....</b>	<b>A-137</b>
A.IV.1	LAGOA DE MELIDES.....	A-139
A.IV.1.1	SONDAGEM MB.....	A-139
A.IV.1.1.1	LOG simplificado.....	A-141
A.IV.1.1.2	LOG com descrição macroscópica .....	A-143
A.IV.1.2	SONDAGEM MIGM.....	A-155
A.IV.1.2.1	LOG simplificado.....	A-155
A.IV.1.2.2	LOG com descrição macroscópica.....	A-157
A.IV.2	POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO.....	A-169
A.IV.2.1	SONDAGENS BB.....	A-171
A.IV.2.1.1	LOG's com descrição macroscópica .....	A-171
A.IV.2.1.2	Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BB.....	A-184
A.IV.3	POÇO DO BARBAROXA DO MEIO.....	A-187
A.IV.3.1	SONDAGENS BM.....	A-189
A.IV.3.1.1	LOG's com descrição macroscópica.....	A-189
A.IV.3.1.2	Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BM.....	A-197
A.IV.4	POÇO DO BARBAROXA DE CIMA.....	A-201
A.IV.4.1	SONDAGENS BC.....	A-201
A.IV.4.1.1	LOG's com descrição macroscópica.....	A-205
A.IV.4.1.2	Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BC.....	A-209
A.IV.5	LAGOA DA SANCHÁ.....	A-211
A.IV.5.1	SONDAGENS LS.....	A-213
A.IV.5.1.1	LOG's com descrição macroscópica.....	A-213
A.IV.5.1.2	Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens LS.....	A-223
A.IV.6	OUTRAS SONDAGENS NA REGIÃO.....	A-227
A.IV.6.1	VÁRIAS SONDAGENS.....	A-227
A.IV.6.1.1	Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição	

---

macroscópica dos níveis observados nas sondagens.....	A-229
<b>Anexo V - Álbum Fotográfico.....</b>	<b>A-235</b>
A.V.1 METODOLOGIA.....	A-237
A.V.2 LAGOA DE MELIDES.....	A-240
A.V.2.1 MICROESCALA.....	A-240
A.V.2.2 MACROESCALA .....	A-249
A.V.3 POÇOS DO BARBAROXA.....	A-261
A.V.3.1 MICROESCALA.....	A-264
A.V.3.2 MACROESCALA.....	A-268
A.V.4 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-282
A.V.4.1 MICROESCALA.....	A-282
A.V.4.2 MACROESCALA.....	A-313





## RESUMO

A presente dissertação pretende contribuir para a caracterização dos ambientes de transição do SW alentejano, nomeadamente a Lagoa de Melides e os interdunares húmidos dos Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio, de Cima e da Lagoa da Sancha. Elegeu-se um estudo a diferentes escalas temporais no intuito que os resultados possam contribuir para melhorar o Modelo Paleoambiental Pós-tardiglaciário proposto para esta região e compreender as respostas destes ambientes face aos factores forçadores locais/regionais e globais.

Na Lagoa de Melides caracterizou-se o domínio litoral, aluvial proximal e aluvial distal e nos interdunares o sistema litoral e o sistema lacustre. Aplicaram-se variadas técnicas no âmbito da sedimentologia e geoquímica para a caracterização dos hidrossomas e dos sedimentos, sendo o enquadramento cronológico das sequências sedimentares conseguido com recurso a técnicas analíticas isotópicas ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{14}\text{C}$ ). A estes resultados, foram adicionados dados obtidos por outros autores, nomeadamente de paleoecologia, de forma a melhorar a interpretação paleoambiental da evolução dos sistemas em estudo. O conhecimento adquirido no estudo a microescala temporal revelou-se essencial para conhecer a resposta dos sistemas a meso e macroescala temporais.

Os resultados obtidos permitiram definir para o vale da ribeira de Melides, cinco fases de evolução paleoambiental (Fase A: 13 000 - 11 000 cal BP, sedimentação fluvial em todos os domínios; Fase B: 11 500 - 9000 cal BP, sedimentação estuarina/fluvial no domínio costeiro e aluvial proximal e sedimentação fluvial no domínio fluvial distal; Fase C: 9000 - 5500 cal BP, sedimentação estuarina/marinha no domínio costeiro e fluvial proximal e sedimentação fluvial no domínio fluvial distal; Fase D - 5500 - actualidade, implementação da barreira arenosa no domínio costeiro, sedimentação lagunar no domínio fluvial proximal e sedimentação fluvial no domínio fluvial distal).

Nos interdunares húmidos definiram-se sete eventos de terrestrialização (com início a 710, 1010, 1670, 2820, 4320, 5540, 7350 cal BP), alternados com outros de inundação. A existência de altimetria absoluta e de datações de  $^{14}\text{C}$ , combinada com a evolução do preenchimento das depressões interdunares, possibilitou a apresentação de uma proposta de uma curva de subida do nível médio do mar para os últimos cerca de 7500 anos cal BP; taxa inicial de subida terá sido de 0,8 mm/ano, desacelerando há 5000 anos para 0,3 mm/ano. Foi ainda possível identificar/caracterizar os tipos de influência antrópica nestes ambientes.

### PALAVRAS-CHAVE:

Lagunas  
Interdunares  
Sedimentologia  
Geoquímica  
Alterações climáticas  
Evolução Paleoambiental do litoral



---

## ABSTRACT

This work aims at contributing to the characterization of the transitional environments of SW Portuguese coast, including the Melides Lagoon and the wet dune slacks (Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio, de Cima and Lagoa da Sancha). A study at different time scales was applied, in order to improve the Paleoenvironmental Pos-lateglacial Model already proposed for the region and to understand the response of these environments to forcing factors (local, regional and global).

The study of Melides Lagoon and wet dune slacks was performed in different environment domains: coastal, proximal and distal alluvial in the former and littoral and lacustrine in the latter.

Different sedimentological and geochemical techniques were used in order to characterize the water bodies and sediments. Isotopic analytical techniques ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{14}\text{C}$ ) have been used to date the sedimentary record. Data obtained by other authors, namely paleoecology, were added to the results obtained in this work, in order to improve the paleoenvironmental evolution model of these systems. The knowledge acquired at microscale approach about the behaviour of the coastal lowlands (used as present-day analogues) was essential to interpret the record at meso - macroscale.

Five stages of paleoenvironmental evolution were defined in Melides valley (Phase A: 13000-11000 cal BP, fluvial sedimentation in all domains; Phase B: 11500-9000 cal BP, estuarine/fluvial sedimentation in the coastal and proximal alluvial domains and fluvial sedimentation in the distal alluvial domain; Phase C: 9000 - 5500 cal BP, estuarine/marine sedimentation in the coastal and proximal alluvial domains and fluvial sedimentation in the distal alluvial domain; D - 5500 - present, sand barrier emplacement in the coastal domain, lagoonal sedimentation in the proximal alluvial domain and fluvial sedimentation in the distal alluvial domain).

In wet dune slacks, seven terrestrialization events have been defined (starting at 710, 1010, 1670, 2820, 4320, 5540, 7350 cal BP), alternating with flooding events. The absolute altimetry and radiocarbon dating, combined with the interpretation of the slacks infilling, allowed the proposal of a sea-level rise curve for the last 7500 cal years BP; initially, the rate of rise was 0.8 mm/year, decreasing to 0.3 mm/year circa 5000 years ago. It was also possible to identify / characterize the human influence in recent times.

KEYWORDS: Lagoons  
Wet dune slacks  
Sedimentology  
Geochemistry  
Climate change  
Coastal paleoenvironmental evolution



## CAPÍTULO I

---

### INTRODUÇÃO

*Há nesta Terra huma fonte, ou olho de Agua bastante de que moem  
quatro moínhos todo o anno, e vai dar a hua lagoa, que se co-  
munica com o mar, e dista esse olho de Agua do mar huma  
huma legoa, não tem virtudes de que se faça mençam.  
Do Terramoto de 1755 a maior ruína que se vio padecer foi na  
Igreja, que foi abaixo mas esta reparada.  
Não tem serra de que poça dar noticia  
Não tem rio algum de que possa advir cousa alguma  
Não há coisa alguma mais digna de relatar em  
os interrogatorios e por verdade me assinei Meli-  
des 8 de Julho de 1758.*

*O Paroco de Melides Jerónimo Guerreiro Ayres*

*(Excerto do Dicionário Geográfico ou Memórias Paroquiais de 1758, folha de MELIDES)*



Aspecto dos fundos da Lagoa da Sancha, evidenciando os sedimentos um importante evento de dessecação responsável pela abertura de fendas de retracção. A cor avermelhada resulta do alto teor de Fe da crosta ferruginosa.  
© A.Cruces - 22/8/2002

## I.1 Introdução e Objectivos

O limite entre os sistemas “exclusivamente” continentais e os “verdadeiramente” marinhos é muitas vezes denominado de “linha de costa”. A utilização da expressão “linha” pode induzir, no público em geral, a ideia que este corresponde a um limite estreito e imutável, sendo numerosos os exemplos nos meios de comunicação social onde os portugueses expressam com convicção, após invernos mais tempestuosos, que a posição espacial desta “linha” deve ser mantida estável, mesmo que implique consequentes avultados custos económicos para os particulares, os municípios e o governo central. Para cumprimento deste desejo pode tornar-se imperativo fazer obras de engenharia de grande envergadura, que mantenham a LINHA DE COSTA fixa. A maior parte da população portuguesa, não tem consciência que de facto, esta Zona (ZONA LITORAL ou FAIXA COSTEIRA - esta denominação parece muito mais acertada e adequada) corresponde a uma região extremamente dinâmica, mutável e de elevada sensibilidade a factores forçadores locais, regionais e globais.

Podem ser numerosos os factores que condicionam a posição da Zona Litoral e que promovem a sua oscilação ao longo do tempo geológico com velocidades diferenciadas. Após o *Último Máximo Glaciário* (há 23 000 - 18 000 anos), teve início a *Deglaciação* e consequentemente, assistiu-se a um cenário de subida eustática do Nível Médio do Mar (NMM), com velocidades diferenciadas ao longo do tempo. O final do século XX e o início do XXI têm-se caracterizado por um notório aumento da taxa de subida do NMM e, perante o actual cenário de deficit sedimentar que caracteriza o litoral português, a ocorrência de eventos erosivos da zona costeira tem-se tornado mais assídua e intensa, implicando um consequente recuo da linha de costa.

Esta interface entre os domínios terrestre e marinho é uma zona de transição em constante evolução, seja potenciada por causas naturais (ex: NMM, fornecimento sedimentar, alterações climáticas) ou antrópicas (ex: urbanização, impermeabilização, ocupação agrícola, pesca, áreas portuárias, indústria, comércio, exploração de recursos - água, materiais de construção), constituindo uma zona sujeita a enormes pressões e onde cada vez mais um maior número da população mundial se procura instalar.

Ao se pretender compreender a evolução de uma determinada região costeira ao longo do tempo, como resposta aos diferentes factores forçadores (locais/regionais, naturais/antrópicos), é nos segmentos contendo ambientes parálicos anamórficos (sistemas de acumulação sedimentar: lagunas, estuários, dunas, turfeiras) que encontraremos o testemunho geológico mais completo correspondente ao empilhamento sedimentar (mais ou menos contínuo) da história geológica da região, por vezes, com milhares de anos. Para além deste primeiro pressuposto, é imperativo que se encontrem aqueles ambientes que apresentam reduzida interferência humana. Pelo exposto, é fácil entender que não serão muitos os locais, no litoral português, que reúnem as duas condições.

Para a presente dissertação elegeu-se o estudo destes ambientes na região costeira entre Tróia e Sines, por constituir um litoral extenso ( $\approx 65$  km), até há pouco tempo com reduzida pressão antrópica e onde se encontram vários ambientes de acumulação sedimentar. A título de exemplo encontramos lagunas, (as Lagoas Travessa, dos Fuzis, Formosa, Melides, Santo André), sistemas dunares, depressões interdunares litorais (Poços do Barbaroxa de Baixo, de Cima e do Meio e a Lagoa da Sancha) e sistemas



fluviais bloqueados (ribeiras da Comporta, das Fontainhas e de Moinhos). Este segmento costeiro, é por isso, considerado um local privilegiado para estudos de evolução costeira.

Neste arco litoral conheciam-se alguns trabalhos (baseados apenas estudos polínicos) que permitiam compreender parcialmente a evolução do litoral a macroescala temporal do troço mais a norte (Lagoa Travessa) ou do troço mais próximo de Sines (Poço do Barbaroxa de Baixo e ribeira de Moinhos). O Grupo de Processos Costeiros, onde se insere a autora, tinha iniciado o estudo a micro e macroescala temporal, das Lagoas de Melides e Santo André. Na primeira, o conjunto de sondagens de que se dispunha incluía sondagens localizadas em cima da barreira arenosa e outras muito próximas da margem da planície aluvial, e embora utilizando já mais indicadores para estudos paleoambientais (sedimentologia, pólenes, diatomáceas), não se dispunha de sequências muito longas, sendo apenas possível conhecer o empilhamento sedimentar dos últimos 4500 ou 6500 anos, respectivamente. Na segunda, já se dispunha de um número importante de sondagens profundas que permitia “contar a história” dos últimos 14 000 anos BP.

Pelo exposto, se percebe que permanecia mal conhecida a evolução a macroescala temporal da parte central do arco e do Complexo Dunar Antigo (entre Melides e Sines). Esta lacuna sentida pelo grupo de trabalho foi a mola impulsadora para a temática da presente dissertação, apostando-se no aprofundamento do estudo a macro mas também a meso e microescala temporal da Lagoa de Melides e de quatro turfeiras litorais (Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima e a Lagoa da Sancha) a sul da Lagoa de Santo André, que se encontram inseridas no Complexo Dunar Antigo. Este estudo prossegue o trabalho que já vinha sendo desenvolvido pela autora desde 1998, quando estudou para a sua tese de mestrado as Lagoas de Melides e Santo André a micro e mesoescala temporal.

Revelava-se imperativo o aumento do conhecimento destes ambientes, pelo que a autora investiu especialmente na caracterização dos hidrossomas e no estudo dos sedimentos lagunares, dunares e fluviais, aprofundando os seus conhecimentos nas técnicas analíticas e na interpretação dos resultados sedimentológicos, geoquímicos e isotópicos dos sedimentos plisto-holocénicos. Posteriormente integrará os seus resultados a outros pré-existentes ou contemporâneos do presente estudo (alguns deles inéditos), o que permitirá uma visão mais integradora da resposta dos sistemas e dos organismos que aí vivem (foraminíferos, diatomáceas, ostracodos) às alterações registadas desde o Plistocénico tardio. Privilegiou-se o estudo a diferentes escalas temporais, o mais multidisciplinar possível (sedimentologia, geoquímica, paleoecologia e isótopos) e a integração dos novos resultados com os dados pré-existentes, melhorando a reconstituição paleoambiental (MODELO EVOLUTIVO) previamente proposta para o litoral português e mais concretamente para este sector costeiro do sudoeste alentejano, durante o Quaternário recente.

Tendo em vista este grande objectivo geral, este trabalho caracterizará estes ambientes a três escalas temporais distintas (macro, meso e microescala) de forma a procurar responder às seguintes questões:

- 1) Como terão evoluído neste segmento costeiro as lagoas e os interdunares húmidos litorais com a subida do Nível Médio do Mar após a última glaciação?
- 2) Terão respondido de forma diferenciada estes dois ambientes sedimentares aos diferentes factores forçadores?



- 3) Será que algum dos factores forçadores se sobrepõe aos demais?
- 4) Com a transgressão holocénica, que tipos de materiais sedimentares se terão acumulado ao longo do tempo nestes ambientes?
- 5) Como terá variado a influência da contribuição do aporte continental versus marinha durante a transgressão holocénica e como terão contribuído esses materiais para a assinatura sedimentológica e geoquímica da coluna sedimentar acumulada nestes ambientes?
- 6) Qual a assinatura geoquímica natural destes ambientes antes da influência antrópica (“fundo natural” = assinatura geogénica típica de cada ambiente)?
- 7) Como terá evoluído o litoral entre Melides e Sines após o Último Máximo Glaciário?
- 8) Quais os processos e como respondem estes ambientes às oscilações seculares mais recentes?
- 9) Qual é a dinâmica actual destes ambientes?
- 10) Actualmente, como se processa a interacção entre os diferentes domínios (fluvial, lagunar, marinho, atmosfera, biosfera) e como influenciam as características dos hidrossomas e dos sedimentos?
- 11) A partir de quando e de que forma se iniciou a influência antrópica nestes sistemas?
- 12) Como se continua a processar a influência antrópica nestes ambientes nos nossos dias?
- 13) Por último, tendo por base todo o conhecimento das modificações/adaptações destes sistemas ao longo do tempo geológico, como se projectará a sua evolução para o futuro, face às alterações/previsões dos factores forçadores locais/regionais/globais?

São várias as questões que aqui se pretendem responder e que julgamos pertinentes para ajudar a melhorar o Modelo Paleoambiental Evolutivo da região, que se apoia já em numerosos trabalhos. Contudo, convictos que não será esta dissertação, por si só que trará todas as respostas às incertezas que persistem após os numerosos estudos, espera-se que este trabalho possa contribuir para alguns objectivos concretos, nomeadamente para:

- A) Caracterizar a dinâmica a micro e mesoescala temporal destes ambientes;
- B) Conhecer as características físico-químicas dos hidrossomas e as modificações destes face às contribuições dos sistemas adjacentes e às variações sazonais;
- C) Conhecer/caracterizar os factores forçadores naturais e antrópicos responsáveis por modificações ambientais;
- D) Identificar os factores forçadores locais, regionais e globais responsáveis pelas modificações paleoambientais destes sistemas;
- E) O estudo sedimentológico e geoquímico dos sedimentos lagunares, fluviais e dunares, desta região;
- F) Caracterizar o registo sedimentar holocénico contido nestes sistemas de acumulação;
- G) A definição de valores de fundo geoquímico dos sistemas lagunares e interdunares húmidos;
- H) Melhorar o modelo de reconstituição paleoambiental deste sector costeiro, desde o Tardi-Glaciário, tendo por base o maior número possível de indicadores ambientais;
- I) Propor trabalhos futuros que possam contribuir para melhorar algumas incertezas e lacunas de informação que não ficam resolvidas com o presente trabalho.

Para a realização do presente estudo torna-se necessário compreender que para a dinâmica e evolução destes ambientes costeiros contribuem sistemas diferentes, tais como o Sistema Litoral, o Sistema Continental e o próprio Sistema Lagunar ou Sistema Dunar.

### **I.1.1 SISTEMAS CONSTITUINTES DOS AMBIENTES LAGUNARES**

#### **I.1.1.1 SISTEMA LITORAL**

O Sistema Litoral abrange a área mais próxima do oceano, onde predomina a influência deste, através da acção das correntes de maré e da agitação marítima. Neste sistema, dá-se especial atenção à barreira e à barra de maré, pela sua importância, em termos de abrigo e comunicação com o oceano, respectivamente.

As barreiras arenosas contínuas que isolam as lagunas do SW alentejano do contacto com o oceano, podem ocasionalmente romper de forma natural, durante temporais violentos, aos quais se associa uma cota elevada do plano de água lagunar, possibilitando a renovação do prisma aquoso retido na laguna. Porém, a frequência natural deste processo é incompatível com a necessidade de renovação da massa de água lagunar e com a manutenção de níveis que possibilitem a utilização agrícola das terras húmidas adjacentes. Vários autores (BARNES, 1980; CANCELA DA FONSECA, 1989; BERNARDO, 1990) salientam a importância do processo de intercâmbio entre sistemas lagunares e o mar no controle da eutrofização, travando o processo natural de evolução para um sistema límico, com rápida transformação em pântano. Por estas razões, na barreira da laguna de Melides, tal como em outras deste litoral (Albufeira e Santo André) se procede à abertura artificial de uma barra de maré, em regra uma vez por ano, no equinócio Primaveril, quando o desnível entre a cota do plano de água no interior lagunar e a estofa de baixa-mar é máximo, assegurando o escoamento da água salobra que inunda os campos de cultivo, permitindo a renovação e requalificação do corpo aquoso lagunar. Actualmente, utilizam-se meios mecânicos (ex: retroescavadoras, giratórias) nesta abertura, a qual consiste na remoção de areia do lado interno da barreira, rasgando-a transversalmente e estabelecendo uma estreita ligação ao mar; iniciado o escoamento, o forte fluxo de descarga vai ser responsável pelo aprofundamento e ampliação do canal através do cordão arenoso, originando-se uma barra de maré única, que evolui naturalmente através de uma série de etapas morfológicas até fechar (CRUCES et al., 2000, 2009a; CRUCES, 2001; FREITAS et al., 2002a, PIRES et al., 2010, 2011), por processos também naturais, pouco tempo depois. Este forte fluxo inicial com grande capacidade de transporte conduz à remobilização de sedimentos, essencialmente arenosos, da zona vestibular, das margens e do fundo do canal, que progressivamente é erodido (processos de aprofundamento e alargamento). No entanto, partículas de menores dimensões em suspensão na massa aquosa lagunar são igualmente exportadas (CRUCES, 2001), podendo mesmo registar-se o transporte de partículas previamente sedimentadas, se as correntes de vazante excederem o seu limiar de arranque. Estes sedimentos são depositados na plataforma em posições mais distais ou proximais dependendo da maior ou menor capacidade da primeira descarga de vazante e irão constituir um delta de vazante, ficando, então, sujeitos à acção dos agentes oceânicos (CRUCES, 2009a).

Após o escoamento das águas lagunares e alcançado o equilíbrio potencial entre os planos de água lagunar e oceânico, o canal - barra de maré - é o veículo responsável pelas trocas entre os dois sistemas, através do qual se propagará a maré oceânica para o interior lagunar. A actividade da barra de maré com as suas correntes de vazante/enchente perturba a deriva litoral e dependendo do balanço entre a capacidade de transporte através da barra de maré (vazante/enchente) e a capacidade de transporte das correntes longilitorais, a barra permanecerá estável, migrará (longitudinalmente) ou assoreará (RIJN, 1998).

As barras de maré actuam como um filtro na penetração da maré, sendo parte da energia reflectida, parte transmitida e outra parte dissipada por fricção com o fundo, conduzindo à deformação da maré e consequentemente afectando as características da vazante e da enchente, sendo normalmente assimétricas na duração, na amplitude e na velocidade de corrente (AUBREY & FRIEDRICHS, 1988, in FREITAS, 1995), dando origem a ambientes dominados pela enchente ou pela vazante. Os primeiros, constituem sistemas caracterizados por enchentes de curta duração e com velocidades de corrente relativamente elevadas, favorecendo o transporte de sedimentos para o interior lagunar, acelerando o processo de assoreamento dos canais; nos segundos, as maiores velocidades associam-se às correntes de vazante, que é menos duradoura, beneficiando o escoamento de sedimentos para o largo, mantendo os canais mais desimpedidos e estáveis. Importa realçar que, para além dos processos não lineares de advecção, de atrito de fundo, da interacção da maré com a bacia e da geometria do canal, LINCOLN & FITZGERALD (1988, in FREITAS, 1995) propõem um outro factor adicional, em canais pouco profundos, que pode contribuir para a assimetria da duração da maré e das suas respectivas velocidades: quando a base do canal se encontra a cotas superiores às do baixa-mar, a truncatura do início da enchente oceânica pode reduzir significativamente a duração da enchente lagunar e prolongar a vazante, porque a maré exterior terá que ultrapassar a cota da base do canal para induzir o início da enchente lagunar.

A abertura da barra de maré conduz a uma série de modificações, por vezes drásticas, no sistema litoral e no sistema lagunar. No primeiro, o forte fluxo de escoamento das águas aprisionadas é responsável pelo transporte de importante carga de sedimentos (que se depositam nos fundos litorais proximais) e de nutrientes, contribuindo as lagunas, como os estuários, de forma significativa, para o enriquecimento das zonas marinhas adjacentes. No segundo, as modificações físico-químicas impõem uma situação de elevado stress ambiental para as comunidades biológicas mas de inegável valor para a renovação das águas "estagnadas" em profundidade. Outra consequência da abertura da barra é o rebaixamento local do nível de base que promove o acesso de sedimentos grosseiros fluviais aos fundos localizados para além da frente de progradação e de deposição habituais, contribuindo para acelerar a taxa de sedimentação no espaço lagunar.

#### I.1.1.2 SISTEMA LAGUNAR

Considera-se pertencente a este sistema toda a área lagunar imersa e emersa (margens lagunares próximas e pequenas ilhas que em situação de elevada cota do plano lagunar podem ficar imersas) contida

entre o sistema litoral (barreira, barra de maré, corpos dunares) e o sistema terrestre adjacente (deltas fluviais, planícies de inundação e bacia hidrográfica).

A influência dos sistemas adjacentes (litoral e continental), condiciona as características do corpo aquoso e dos sedimentos, que vão ser função, principalmente, da distância à barra de maré e às descargas fluviais, da presença/ausência de barra de maré, bem como de factores intrínsecos ao próprio sistema lagunar. Destes últimos podem destacar-se a morfologia, o grau de confinamento, a produção de matéria orgânica e a reciclagem interna de nutrientes. A influência antrópica é um factor externo que pode actuar directamente no sistema lagunar ou através dos sistemas confinantes anteriormente mencionados, ou mesmo ainda por precipitação atmosférica.

Os ambientes lagunares por constituírem, geralmente, pequenas bacias de baixa profundidade, alimentados via continente por redes hidrográficas pouco extensas com reduzido aporte de água doce e sedimentos (comparativamente aos estuários), têm em consequência fluxos fluviais insuficientes para manutenção de um canal de comunicação (ou vários), permanente, entre o meio lagunar e o oceano, constituindo ambientes de transição com contacto deficiente ou mesmo ausente com o mar (barra de maré efémera). Nos períodos em que o contacto com o oceano é efectivo, os ambientes lagunares comportam-se como pequenos estuários confinados podendo registar-se, em situação de trocas eficientes, completa homogeneização da massa de água lagunar adquirindo características idênticas às do oceano. Nos períodos de isolamento prolongado, estes corpos hídricos tendem a comportar-se como pequenos lagos onde a influência fluvial pode ser bem marcada e as águas lagunares adquirem características de águas doces/oligohalinas, pontualmente perturbadas pela assinatura marinha, junto à zona vestibular, após galgamento da barreira durante eventos de tempestade.

Deste modo, qualquer trabalho sobre ambientes lagunares deve ter presente a coexistência dos diferentes sistemas (subambientes) contribuintes para a laguna.

#### I.1.1.3 SISTEMA CONTINENTAL

Deve considerar-se como pertencente a este sistema toda a área da rede hidrográfica, propriamente dita, drenante para as lagunas, onde estão incluídos os componentes proximais ao sistema lagunar como os deltas fluviais e as planícies de inundação. Estas últimas, podem funcionar temporariamente como fundo lagunar, registando a sua sedimentação indícios desta modificação, nos ambientes lagunares com barras de maré efémeras, durante períodos de isolamento da laguna nos quais se registre elevada cota do plano de água lagunar, prolongando-se a laguna para montante como consequência da inundação. Posteriormente, depois do escoamento das águas represadas, a descida da cota do plano de água lagunar, deixa a descoberto estas áreas ficando registados períodos de exposição (secagem).

As litologias presentes na bacia hidrográfica são a principal fonte de materiais litogénicos para um sistema lagunar. Uma boa caracterização do substrato é de extrema importância, permitindo inferir as fontes e a sua contribuição relativa. É importante não só identificar as litologias existentes mas também identificar as mineralogias responsáveis pelas diferenças composicionais dos materiais drenados, possibilitando avaliar a contribuição relativa de cada sub-bacia. A determinação de algumas

características dos diferentes tributários (caudais, regime hidráulico, caudais sólidos, materiais transportados sob a forma particulada ou dissolvida, etc.), permitem estimar a influência de cada efluente e avaliar a sua variação sazonal. Se as diferentes sub-bacias contribuírem com volumes substancialmente diferentes (água e sedimentos), tal poderá reflectir-se, por exemplo, em variações da taxa de sedimentação nas proximidades das diferentes zonas de confluência. Outro aspecto importante, principalmente quando se efectuam estudos de caracterização ambiental dos ambientes lagunares (identificação da variedade geoquímica elementar), relaciona-se com a caracterização sedimentológica e geoquímica dos sedimentos fluviais. Esta permitirá identificar a contribuição elementar de cada tributário, relacionado o seu quimismo com as litologias presentes. Por outro lado, as actividades antrópicas (uso dos solos) constituem uma outra fonte adicional que pode introduzir materiais/elementos comuns ou exóticos aos sistemas lagunares, misturando-se nos fluxos naturais, sendo importante distinguir e quantificar a contribuição entre entradas naturais e antrópicas.

### **I.1.2 SISTEMAS CONSTITUINTES DOS INTERDUNARES HÚMIDOS**

Os interdunares em estudo inserem-se no Complexo Dunar Antigo que se estende entre a Lagoa de Santo André e o cabo de Sines. Sem nos alongarmos na história da evolução geológica deste Complexo Dunar, amplamente explanada no trabalho de doutoramento de RAMOS (2013), é importante referir que este iniciou a sua formação, há mais de 200 000 anos e que teve dois períodos de construção importantes. O primeiro durante a glaciação Riss, com um consequente acréscimo apical até há cerca de 120 000 anos e um segundo “pulso” importante durante o Último Máximo Glaciário, entre os 23 000 e os 18 000 anos. É pois, nestes edifícios dunares mais recentes que encontramos as depressões interdunares, de alinhamento, grosso modo, N-S, onde se localizam os Poços do Barbaroxa e a Lagoa da Sancha. Os primeiros, posicionam-se ao longo da mesma depressão, enquanto a Lagoa da Sancha se encontra num interdunar localizado mais a ocidente. Face ao exposto, se compreende que o substrato geológico que acomoda o registo sedimentar acumulado nestas depressões corresponde aos depósitos eólicos wurmianos referidos anteriormente.

Num sistema dunar, composto por acreção lateral de múltiplas cristas dunares, como o que ocorre nesta região, o espaço deixado entre duas cristas, corresponde topograficamente a uma depressão dunar. Se a cota de base desta depressão for superior ao máximo sazonal do nível freático, teremos um interdunar seco, mas se for inferior, o nível freático do aquífero superficial irá aflorar e teremos o aparecimento de um interdunar húmido. Deste modo, podemos afirmar que um interdunar húmido representa a componente de Zona Húmida dos sistemas dunares, cuja dinâmica e evolução é marcada pela flutuação do nível freático local/regional, fortemente controlada pela sazonalidade, que lhe imprime um hidrossoma máximo durante o Inverno/Primavera e um mínimo no final da época estival.

Independentemente de serem geomorfologicamente considerados interdunares primários (depressões paralelas à linha de costa resultantes da acreção de uma nova crista a uma previamente formada mais a sotavento) ou secundários (formados por erosão eólica - movimentação dos edifícios dunares atingindo-se o topo do freático regional) (DAVY *et al.*, 2006; HOUSTON, 2008), estes sistemas são

particularmente sensíveis a estas flutuações sazonais, uma vez que o aquífero superficial é o principal contribuinte para o hidrossoma aflorante. A três destes interdunares (Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima) não estão associadas bacias hidrográficas, pelo que não apresentam contribuição hídrica e sedimentar com proveniência num sistema fluvial. A depressão dunar da Lagoa da Sancha, embora constitua (actualmente) o término de uma bacia hidrográfica de reduzidas dimensões ( $\approx 35 \text{ km}^2$ ), a colecta actual hídrica e sedimentar, daí proveniente, é também nula (discutido no capítulo dos resultados). Por outro lado, os quatro interdunares têm contribuições da precipitação directa e no caso do Poço do Barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha, acrescem ainda as entradas hídricas provenientes de fenómenos raros de galgamento oceânico da barreira arenosa. Pelo exposto, podem considerar-se como sistemas contribuintes para as características registadas nestes interdunares húmidos, o Complexo Dunar Antigo (que constitui o substrato e é um contribuinte sedimentar por deflacção eólica contribuindo com sedimentos arenosos na acumulação maioritariamente orgânica destes depósitos turfosos), o aquífero regional/local, a precipitação directa, os galgamentos oceânicos e a produção sedimentar (minerogénica e orgânica) exclusivamente autóctone nos Barbaroxa e maioritariamente autóctone na Lagoa da Sancha (aqui actualmente é muito reduzida a chegada de material alóctone).

O estudo a microescala temporal baseou-se principalmente no registo das características sazonais dos hidrossomas aflorantes nos interdunares e nas características texturais, composicionais dos materiais superficiais: 1) sedimentos do Complexo Dunar Antigo adjacente; 2) sedimentos da bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha; 3) sedimentos superficiais da Lagoa da Sancha.

A caracterização de sequências sedimentares (sondagens), recolhidas ao longo de perfis transversais às depressões, permitirá um acréscimo da informação da microescala temporal (sedimentos do topo das sequências), bem como da caracterização a meso e macroescala temporal.

Para atingir os objectivos propostos, foram efectuados os seguintes estudos/análises nos cinco ambientes em estudo (Lagoa de Melides - MEL; Poço do Barbaroxa de Baixo - BB; Poço do Barbaroxa do Meio - BM; Poço do Barbaroxa de Cima - BC; Lagoa da Sancha - LS), entre 2001 e 2015:

#### **MICROESCALA TEMPORAL**

- Realizadas 27 campanhas de monitorização dos parâmetros físico-químicos dos hidrossomas (Melides, Poços dos Barbaroxa e Sancha), com leituras de parâmetros *in situ* e em laboratório, às quais se adicionou numerosa informação de campanhas anteriores e posteriores de diversos autores.
- Realizadas análises sedimentológicas em 37 amostras lagunares (12 MEL; 25 LS); 23 amostras nos materiais das bacias hidrográficas (1 MEL; 22 LS) e 28 amostras nos sistemas dunares (11 Barbaroxa; 17 LS).

#### **MESOESCALA TEMPORAL**

- Realizada 1 sondagem “curta” em Melides, onde se estudaram parâmetros sedimentológicos em 78 amostras; parâmetros geoquímicos em 97 amostras, resultados aos quais se adicionou informação paleoecológica (89 amostras) obtida por outros autores.

**MACROESCALA TEMPORAL****Lagoa de Melides**

- Realizadas/estudadas 2 sondagens “longas”, às quais se adicionaram resultados e descrições de outras 26 sondagens efectuadas no vale da ribeira de Melides.

**Poços dos Barbaroxa**

- Realizadas/estudadas 54 sondagens “longas”.

**Lagoa da Sancha**

- Realizadas/estudadas 27 sondagens “longas”.

Nesta área do Complexo Dunar Antigo onde se inserem os interdunares húmidos, foi compilada a informação obtida em relatórios de mais de 300 sondagens da região, para caracterizar a sedimentação dunar. Foi também utilizada a informação de outros estudos geofísicos realizados no âmbito de um doutoramento.

O estudo sedimentológico da totalidade das amostras utilizadas para o estudo nas três escalas temporais implicou a realização de numerosos ensaios analíticos, tendo-se efectuado determinação de: 49 teores de humidade, 573 crivagens por via húmida ( $>63\ \mu\text{m}$ ), 432 granulometrias da fracção grosseira ( $>63\ \mu\text{m}$ ), 214 granulometrias da fracção fina ( $<63\ \mu\text{m}$ ), 601 medições do pH, 532 teores de carbonato de cálcio, 756 teores de matéria orgânica, 3 morfometrias de balastros, 13 difractometrias de RX.

Do mesmo modo, para o estudo geoquímico analisaram-se: 142 amostras em ensaios analíticos para determinação da composição elementar, 13 amostras para o estudo isotópico  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ , 31 determinações  $^{14}\text{C}$ , 11 amostras para determinação do teor de Compostos Orgânicos Voláteis e 2 amostras para realização de um rastreio de largo espectro de contaminantes orgânicos e inorgânicos.

Esta dissertação foi financiada pela Bolsa de Doutoramento da Fundação para a Ciência e Tecnologia PRAXIS XXI BD/21564/99. Muitos dos trabalhos foram realizados no âmbito de Projectos I&D e aproveitando campanhas e materiais recolhidos durante esses projectos:

- 1997 - 2000: Projecto nº PRAXIS/PCNA/P/CTE/12/96 - Evolução Holócenica de sistemas lagunares do SW Alentejano.
- 2000 - 2005: Projecto nº PRAXIS/PCTM/MAR/15231/99 - Factores Forçadores Globais versus Locais e Evolução pós tardi-glacial de estuários e lagunas do SW Português.
- 2007 - 2011: Projecto nº PTDC/MAR/65585/2006 - Dynamics of Ephemeral Tidal Inlets (DETI).

Algumas prestações de serviço à comunidade civil, permitiram também adquirir mais conhecimentos dos ambientes estudados:

- 2007/2008/2009: Projecto Recuperação da Lagoa de Melides - Monitorização Ambiental da Lagoa de Melides (componentes referentes à qualidade da água, afluências, dados de agitação marítima, das marés e dos caudais que afluem à Lagoa, qualidade dos sedimentos, ecossistemas e biodiversidade).
- 2010/2011/2012 - Projecto de Requalificação da Lagoa de Melides - 3ª Fase/Qualidade da Água e Ecossistemas - Aquisição de Serviços.

## 1.2 Organização da dissertação

Para responder às questões que constituem o desafio desta dissertação, foi necessário fazer uma pesquisa exaustiva dos trabalhos existentes ou em curso nos ambientes lagunares e dunares do troço costeiro entre a Lagoa de Melides e o cabo de Sines, que complementam todo o trabalho desenvolvido no âmbito desta tese. Para se conhecer as respostas destes ambientes aos factores forçadores locais, regionais e globais, a abordagem a três escalas temporais, com a utilização de múltiplos indicadores (abordagem multidisciplinar: sedimentologia, geoquímica, paleoecologia, palinologia) foi imprescindível. A estrutura desta dissertação inicia-se com uma avaliação do estado da arte desta temática, quer a nível local, quer a nível regional e global, passando posteriormente à apresentação dos resultados dos materiais estudados. A estes resultados, são adicionados sempre que se justifique, informações que ajudem a completar e reforçar a história da evolução destes ambientes. O conhecimento dos mecanismos de resposta actuais de ambientes, posicionados numa faixa de extrema vitalidade e dinamismo, como é a região costeira, permite compreender a evolução passada e antever as respostas futuras destes ambientes. Para cumprimento dos objectivos, organizou-se esta Tese em oito capítulos que podem ser descritos de forma resumida da seguinte forma:

***Capítulo I: Introdução*** - compreende uma breve introdução à temática abordada e aí se estabelecem os objectivos da dissertação e se refere a estrutura da tese.

***Capítulo II: Ambientes costeiros de sedimentação*** - apresenta o “estado da arte” sobre estes ambientes, onde se reflecte, em especial, a dinâmica dos ambientes lagunares e os ambientes lacustres interdunares (interdunares húmidos), com especial ênfase nos existentes em Portugal continental.

***Capítulo III: Alterações climáticas e variação do nível do mar durante o Quaternário no litoral português*** - faz-se referência às temáticas das alterações climáticas e à variação do nível do mar durante o Quaternário no litoral português, terminando-se com a antevisão das projecções, para as próximas décadas, estabelecidas a nível global pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC).

***Capítulo IV: Enquadramento da área em estudo*** - é apresentado o enquadramento da área de estudo sob o ponto de vista geológico, geomorfológico, tectónico e climático.

***Capítulo V: Métodos*** - é feita uma breve introdução aos sistemas constituintes/contribuintes dos ambientes em estudo, à qual se segue a apresentação das metodologias de campo e laboratório.

***Capítulo VI: Caracterização a Micro, Meso e Macroescala temporal: dinâmica actual, secular e milenar - Resultados e Discussão*** - apresentam-se e discutem-se os resultados às diferentes escalas temporais na Lagoa de Melides, nos Poços do Barbaroxa (de Baixo, do Meio e de Cima) e na Lagoa da Sancha.

***Capítulo VII: Evolução Pós-Tardi-Glacial do SW alentejano*** - integram-se todos os resultados dos ambientes lagunares e lacustres interdunares estudados, nas diferentes escalas temporais abordadas, que constitui a conclusão integradora que suporta o Modelo de Evolução Paleoambiental proposto para o litoral SW alentejano.



**Capítulo VIII: Propostas de trabalhos futuros** - Apresentam-se algumas considerações e propostas sobre trabalhos que no futuro podem vir a complementar e refinar os resultados agora apresentados e discutidos.

Finalmente apresentam-se as Referências Bibliográficas citadas neste volume e em CD apresenta-se o Volume de ANEXOS:

**Anexo I: Parâmetros Físico-químicos** - Descrevem-se os principais parâmetros monitorizados nos hidrossomas, possíveis causas para as oscilações registadas e as classificações adoptadas. Apresentam-se tabelas com todos os valores registados nos ambientes em estudo.

**Anexo II: Resultados de Sedimentologia** - Referem-se as possíveis fontes dos sedimentos, bem como as suas características sedimentológicas (pH, teor de carbonato de cálcio, percentagem de matéria orgânica e textura. Referem-se as classificações adoptadas. Apresentam-se em tabelas todos os resultados obtidos nas análises dos estudos a micro, meso e macroescala temporal nos diferentes ambientes estudados.

**Anexo III: Resultados de Geoquímica** - Apresenta-se uma introdução à geoquímica dos sedimentos, referindo possíveis origens para os elementos químicos. Definem-se conceitos como: elementos maiores, menores e vestigiais; normalização, limites de quantificação, concentração natural *versus* contaminação, critérios de qualidade para sedimentos e explana-se o conceito de Factor de Enriquecimento. Apresentam-se todos os resultados geoquímicos para os diferentes ambientes estudados em tabelas.

**Anexo IV: LOG's de sondagens** - Apresentam-se todos os log's de sondagens estudadas, com descrição macroscópica dos materiais observados.

**Anexo V: Álbum fotográfico** - Inclui numerosas fotografias das metodologias utilizadas e de variados aspectos pertinentes dos vários sistemas estudados na presente dissertação.



## **CAPÍTULO II**

---

### **AMBIENTES COSTEIROS DE SEDIMENTAÇÃO**







A variedade de condições geológicas existentes no litoral fornece uma enorme diversidade de formas costeiras. Como consequência, podem desenvolver-se segmentos costeiros rochosos (“rocky coast”), de arribas imponentes, de contornos extremamente irregulares, onde imperam fenómenos catamórficos. Pelo contrário, em zonas costeiras aplanadas podem desenvolver-se formas litorais de contornos suaves (“soft coast”), onde predominam fenómenos anamórficos. A diversidade de ambientes costeiros é, pois, elevada, podendo estes ser divididos em dois grandes grupos: os ambientes de feição erosiva (catamórficos) e os ambientes de acumulação (anamórficos). Nestes últimos, inserem-se ambientes como: as praias, as dunas costeiras (e as depressões interdunares), as planícies costeiras, os sistemas de barreira, as lagunas, os estuários, as rias, os fiordes, os rastos de maré, os sapais e os deltas. Estes ambientes, que atraíram a atenção do Homem desde tempos remotos, são actualmente extremamente vulneráveis à erosão costeira e à pressão antrópica. A pesca, a caça, a agricultura e o transporte fluvio/marítimo constituíram factores atractivos promovendo o estabelecimento de comunidades costeiras desde os tempos pré-históricos. Actualmente, adicionam-se a estes, outros factores de pressão antrópica como a desflorestação, a extracção de água, a construção de obras de defesa costeira, a urbanização, a expansão industrial, a construção de zonas portuárias e o turismo (HESLENFELD *et al.*, 2004). Embora para a comunidade científica o estudo da dinâmica actual e da evolução (holocénica e futura) destes ambientes costeiros constitua, por si só, objecto de interesse apaixonante, os resultados podem e devem ser utilizados para a gestão destes ambientes costeiros, constituindo uma base de dados de apoio aos decisores locais, que reverterá indirectamente em benefício da população em geral.

De seguida irá dar-se maior ênfase aos ambientes de sedimentação lagunares e lacustres interdunares (interdunares húmidos), por constituírem o tema da presente dissertação.

## **II.1 Ambientes Lagunares**

### **II.1.1 INTRODUÇÃO**

A definição precisa dos vários ambientes costeiros e seus componentes tem sido preocupação constante de vários especialistas, por vezes, não reunindo consenso entre a comunidade científica. Nestes ambientes de transição, o conceito de laguna costeira e de estuário estão estreitamente relacionados sendo, por vezes, difícil a distinção entre ambos. Na primeira classificação conhecida de estuários - Classificação Fisiográfica de PRITCHARD (classificação com base nas características geomorfológicas), que inicialmente (1952, *in* PERILLO, 1996) consistia em 3 tipos de estuários (vales fluviais inundados - “drowned river valleys”; fiordes - “Fjords”; estuários de barreira - “bar-built estuaries”) e aos quais o autor adicionou posteriormente (1960, *in* PERILLO, 1996) os estuários tectónicos - “tectonic estuaries” (PERILLO, 1996), as lagunas estavam inseridas no terceiro tipo.

Posteriormente surgem definições e classificações de lagunas costeiras (LANKFORD, 1977; COLOMBO, 1978; BIGGS, 1978; BARNES, 1980; DAVIES, 1980; BIDET *et al.*, 1980; ZIMMERMAN, 1981; PHLEGER, 1981; NICHOLS & ALLEN, 1981; BIRD, 1983; KJERVE, 1986; CARTER, 1988; BOYD *et al.*, 1992), amplamente

explanadas e discutidas nos trabalhos de FREITAS (1989b), ANDRADE (1990), TEIXEIRA (1994), FREITAS (1995) e MAHAPATRO *et al.* (2013).

A classificação de LANKFORD (1977, *in* FREITAS, 1995) é baseada essencialmente em critérios genéticos e funcionais, concretamente na origem geológica da depressão inundada e nos processos que originaram as barreiras, respectivamente. Este autor sistematiza os ambientes lagunares em 5 categorias: a) Tipo 1 - erosão diferencial; b) Tipo 2 - sedimentação terrígena diferencial; c) Tipo 3 - formação de barreiras na plataforma próxima; d) Tipo 4 - formação de barreiras de origem orgânica; e) Tipo 5 - tectónica. A classificação de NICHOLS & ALLEN (1981, *in* FREITAS, 1995) tem por base os processos dominantes - marés, fluxo fluvial, ondas - dividindo as lagunas em 4 tipos principais: a) estuarinas; b) abertas; c) parcialmente fechadas; d) fechadas.

Também BOYD *et al.* (1992) classifica os ambientes anamórficos costeiros (deltas, estuários, lagunas, planícies costeiras e rasos de maré) com base nas suas características morfológicas e evolutivas, na dependência da influência dos processos dominantes em cada ambiente. Esta classificação é representada num diagrama ternário cujos vértices representam a influência máxima de um processo dominante - Rio, Ondas e Marés (**Figura II.1-1**), definindo o eixo horizontal o balanço entre o domínio das ondas e das marés, enquanto o eixo vertical reflecte a influência do rio (aumentando para o topo). Nesta representação, as lagunas posicionam-se no domínio fluvial inferior ao dos estuários (definidos como a região mais a jusante de um vale inundado, que recebe sedimentos de fonte marinha e fluvial, contendo fácies influenciadas pela maré, pelas ondas e pelos processos fluviais), entre estes e as planícies costeiras/rasos de maré e deslocadas para o domínio de maior influência das ondas. Deste modo, as lagunas constituem ambientes costeiros de sedimentação com contribuições fluviais negligenciáveis e encontram-se associadas a litorais dominados pelas ondas. Os mesmos autores perspectivam a evolução destes ambientes em função do tempo, podendo ser expressa em termos de transgressão ou progradação da linha de costa. A evolução dos ambientes pode ser visualizada num prisma triangular (**Figura II.1-2**), em que num regime de progradação (avanço da linha de costa em direcção ao mar) se assiste ao assoreamento dos estuários e ao desenvolvimento dos sistemas deltaicos, enquanto na situação oposta (avanço da linha de costa em direcção a terra) se assiste à inundação progressiva dos estuários. Durante as oscilações do nível médio do mar uma área costeira pode evoluir, deslocando-se para a frente ou para trás neste prisma triangular dependendo do balanço dos factores forçadores (taxa de subida/descida do nível do mar, taxa de sedimentação, tamanho da bacia de recepção, etc.).

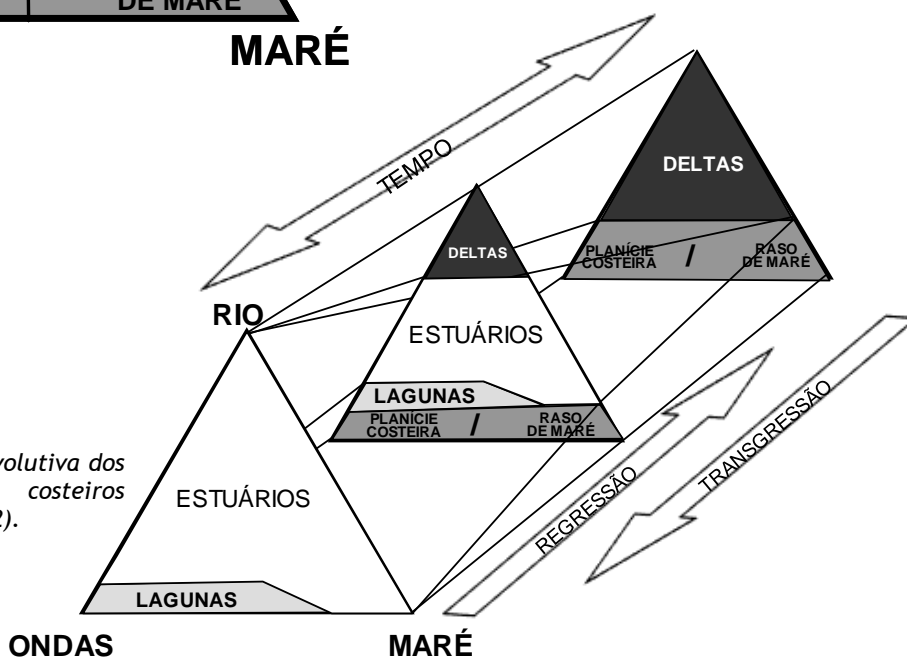
Em 1994, KJERFVE propõe que os corpos aquosos conectados ao oceano seriam vantajosamente organizados em 6 grupos distintos: “*estuary*”, “*coastal lagoon*”, “*fjord*”, “*bay*”, “*tidal river*”, “*strait*”. Nesta classificação a laguna é definida como: “*um corpo aquoso, normalmente com orientação paralela à linha de costa, separado do oceano por uma barreira, em conexão com o oceano através de uma ou mais barras de maré e com profundidades que raramente excedem alguns metros. A laguna pode ou não estar sujeita a processos de mistura induzidos pela maré, podendo a salinidade variar entre os extremos de água doce e salina, dependendo do balanço hidrológico. As lagunas formaram-se como consequência da subida do nível do mar durante o Holocénico ou Plistocénico e do estabelecimento de barreiras costeiras promovidas pelos processos marinhos*”. Este autor refere, ainda, que a dimensão das lagunas costeiras

varia consideravelmente, com áreas superficiais que podem ultrapassar os 10 200 km<sup>2</sup> (ex: Lagoa dos Patos no Brasil) mas que a profundidade do corpo aquoso se posiciona tipicamente entre 1 e 3 m, na maioria dos casos sempre inferior a 5 m com exceção dos canais de maré activos ou de depressões/canais relíquias preservados.



*Figura II.1-1 - Classificação dos ambientes anamórficos costeiros em função dos três processos modeladores dominantes (adaptado de BOYD et al., 1992).*

*Figura II.1-2 - Classificação evolutiva dos ambientes anamórficos costeiros (adaptado de BOYD et al., 1992).*



BIRD (1994) define lagunas costeiras como “áreas relativamente pouco profundas, parcialmente ou totalmente separadas do oceano por barreiras, usualmente arenosas, construídas acima do nível máximo de maré pela acção das ondas”. De uma forma geral, o termo laguna costeira é utilizado quando a largura das barras de maré, não excede, em maré-cheia, 1/5 (20%) do comprimento total da barreira arenosa. Este autor reforça que certas lagunas são alongadas e estreitas, posicionando-se paralelas à costa mas que outras revelam configurações diferentes (ex: ramificada) oblíquas à linha de costa, pois a sua génese relaciona-se com vales fluviais submergidos, posteriormente encerrados pela deposição de barreiras detríticas na sua embocadura.

PERILLO (1996) propõe uma nova classificação (*Figura II.1-3*) baseada em parâmetros morfogenéticos, dividindo os estuários em: 1) Primários - estuários em que a morfologia básica resulta de

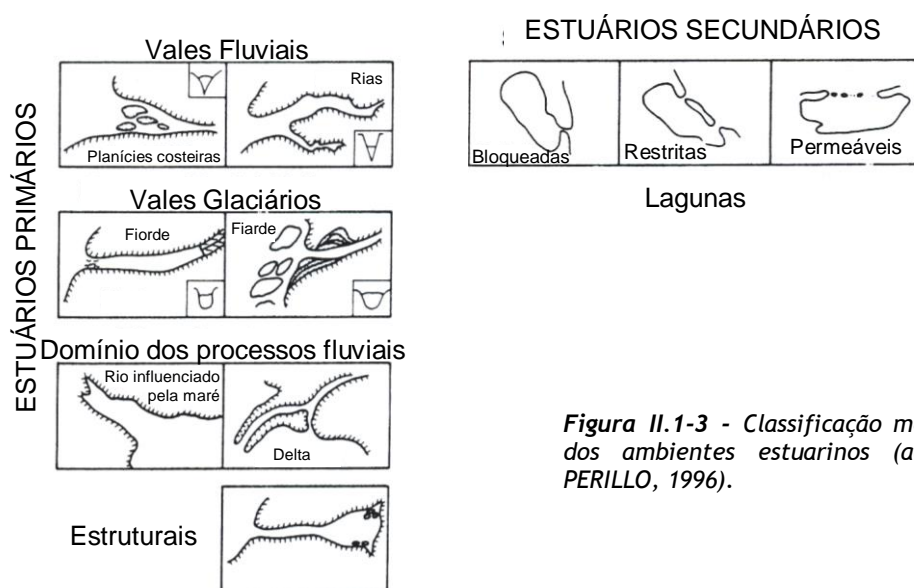
processos terrestres e/ou tectónicos, não tendo os processos marinhos a capacidade de alterar significativamente a sua forma original. Constituem um grupo de estuários que conseguiram, essencialmente, preservar as suas características genéticas originais até ao presente; 2) Secundários - a sua forma actual é o resultado dos processos marinhos e da sua influência relativamente às descargas fluviais, ambos actuantes desde que o nível médio do mar atingiu aproximadamente a cota actual. Este último grupo é formado pelos ambientes lagunares que o autor define como “*corpos aquosos, normalmente com orientação paralela à linha de costa, separados do mar por uma barreira e conectados com o mar por uma ou mais barras de maré*”. As lagunas são depois subdivididas de acordo com a natureza da barra de maré (**Figura II.1-3**), tal como anteriormente proposto por KJERVE (1986), KJERVE & MAGILL (1989) e KJERVE (1994), em:

- a) *Bloqueadas* (“*Choked*”) - lagunas que consistem, normalmente, numa série de células elípticas alongadas conectadas com o oceano através de um único, longo e estreito canal, desenvolvendo-se em litorais de elevada energia das ondas e com significativo transporte longilitoral. A barra de maré serve como filtro hidrodinâmico reduzindo amplamente as correntes de maré e as flutuações da cota do plano de água na laguna (reduzidas a 5% ou menos, quando comparadas com a maré oceânica adjacente). Caracterizam-se por longos períodos de vazante, no corpo aquoso a actividade de mistura pelo vento é um processo dominante, apresentam eventos de estratificação intermitentes como consequência de intensa radiação solar e dos afluxos fluviais. Ostentam, na maioria dos casos, orientação paralela à linha de costa mas podem encontrar-se associadas a sistemas deltaicos, apresentando-se ocasionalmente oblíquas ao traçado do litoral;
- b) *Restritas* (“*Restrited*”) - estas lagunas apresentam um vasto e amplo corpo aquoso, normalmente orientado paralelamente à linha de costa, e exibindo duas ou mais barras de maré (ou apenas uma de maiores dimensões). Em consequência, apresentam circulação de maré bem definida, são influenciadas pela actividade do vento, são maioritariamente homogéneas em profundidade (mistura vertical) e exibem salinidades desde águas salobras a teores típicos de água marinha. Os períodos de vazante são consideravelmente mais pequenos que nas lagunas “bloqueadas”;
- c) *Permeáveis* (“*Leaky*”) - são lagunas que apresentam o alongamento do corpo aquoso paralelo à linha de costa com muitas barras de maré separadas por pequenas ilhas barreira, em litorais onde as correntes de maré são suficientemente importantes para se sobrepor à influência da actividade das ondas e da deriva longilitoral que conjugam esforços conducentes ao encerramento dos canais de maré. Este tipo de ambientes lagunares caracteriza-se pela presença de numerosas barras de maré, proporcionando trocas permanentes e intensas com o oceano e em consequência as salinidades são próximas das águas oceânicas adjacentes.

Em publicações mais recentes, DAVIS Jr & FITZGERALD (2004) referem que a maior parte das definições de *laguna* não são específicas e que muitos autores aplicam o termo *laguna* a qualquer corpo aquoso a montante de uma barreira. Estes autores referem que os ambientes lagunares se caracterizam por apresentar ausência significativa de fluxos de água doce (fluviais) e influência pouco expressiva da maré, como consequência da presença de uma barreira eficiente que impede a interacção entre o domínio lagunar e o meio marinho. Deste modo, as *lagunas* podem apresentar salinidades elevadas, por se



registarem processos mais intensos de evaporação que de precipitação, este último constituindo o contribuinte primário principal de entrada de água doce nestes ambientes. Por outro lado, em épocas de temporal, o galgamento oceânico dos segmentos de cota mais baixa das barreiras detríticas constitui um processo de introdução de água salgada na laguna. A natureza dos ambientes lagunares confere-lhes profundidades reduzidas, sendo comuns espessuras da coluna de água de 1 m ou inferiores. Algumas são efêmeras e podem secar completamente durante a época estival, preservando um corpo aquoso apenas durante a estação pluviosa. A forma como os factores forçadores dinamizam/controlam a dinâmica dos ambientes lagunares imprimindo-lhes especificidades próprias, permite afirmar que estes ambientes de transição apresentam características distintivas das baías costeiras e dos estuários.



**Figura II.1-3 - Classificação morfogenética dos ambientes estuarinos (adaptado de PERILLO, 1996).**

De acordo com a sua fisiografia as lagunas costeiras definidas como áreas costeiras de água salgada, com reduzida profundidade, completa ou parcialmente separadas do oceano, por barreiras arenosas, cascalhentas, menos frequentemente, rochosas, podem classificar-se em cinco tipos distintos (JACKSON & McLEOD, 2000; MAHAPATRO *et al.*, 2013):

a) *Lagunas isoladas* (“Isolated lagoons”) - completamente separadas do mar por barreiras rochosas ou de sedimentos. A entrada de água oceânica é reduzida e faz-se por percolação da água subterrânea através da barreira arenosa ou por galgamento da barreira. A salinidade é variável, mas na maior parte do tempo é baixa. Estas lagunas têm, por norma, uma esperança de vida curta em consequência dos processos naturais que concorrem para o seu assoreamento ou erosão. Neste tipo de laguna a renovação do hidrossoma é inferior à que se regista nas “lagunas de percolação” e em consequência a biodiversidade é menor.

b) *Lagunas de percolação* (“Percolation lagoons”) - normalmente separadas do mar por barreiras de cascalho. A entrada de água do mar é possível por percolação da barreira cascalhenta ou ocasionalmente por galgamento (ex: em épocas de temporais). Pode assistir-se a algumas variações da cota do plano de

água lagunar, que tendem a acompanhar as oscilações da maré oceânica. Uma vez que estão associadas a uma barreira formada por deriva litoral, são ambientes instáveis, pelo que podem sofrer erosão ou assorear em consequência da migração da barreira cascalhenta para terra. A esperança de vida destes sistemas pode ser de apenas algumas décadas.

c) *Lagunas seladas* (“Silled lagoons”) - a água lagunar é retida durante todas as fases da maré oceânica por uma barreira rochosa e a maré lagunar praticamente não se faz sentir. As entradas da água oceânica podem ser frequentes por galgamento da barreira e embora a salinidade possa variar sazonalmente é em norma elevada, excepto quando a cota do topo da barreira é próxima ou superior ao nível da maré alta.

d) *Lagunas com barra de maré artificial* (“Sluiced lagoons”) - quando a comunicação entre a laguna e o mar é mantida artificialmente por intervenção antrópica, estabelecida através de um sistema de comportas ou esporões.

e) *Lagunas com barras de maré* (“Lagoonal inlets”) - a comunicação entre a laguna e o mar é estabelecida através de barras de maré naturais. A maré oceânica propaga-se no ambiente lagunar e pode ocorrer um gradiente horizontal da salinidade, com os valores mais elevados nas proximidades da barra de maré. Estes ambientes são marcados por drásticas variações sazonais e o gradiente salino permite uma maior diversidade de habitats e espécies.

Do ponto de vista geológico, os ambientes lagunares são considerados instáveis e efémeros (MAHAPATRO *et al.*, 2013), tendo-se desenvolvido durante o Holocénico quando o nível médio do mar atingiu uma cota próxima da actual, há cerca de 8000 - 6000 anos.

Ainda segundo este autor, as lagunas costeiras são afectadas por vários FACTORES:

- a) Parâmetros físicos - a precipitação e a evaporação são os factores mais importantes. Outros factores que também influenciam o ambiente lagunar são a luz solar, o vento, a maré, a turbidez e a transparência.
- b) Parâmetros químicos - entre os mais importantes que controlam o quimismo das águas lagunares encontra-se a salinidade, os nutrientes e o oxigénio dissolvido.
- c) Parâmetros geológicos - nestes incluem-se a deriva litoral, a descarga de água subterrânea e a intrusão de água marinha controlada pela barra de maré que se encontra em estreita dependência dos processos geomorfológicos costeiros.
- d) Parâmetros biológicos - os habitats biológicos são fortemente influenciados por factores, por exemplo, como fitoplâncton, zooplâncton, organismos bentos, vegetação aquática submersa, macrófitas, ictiofauna, aves, golfinhos, micróbios, etc...

Segundo NICHOLS & BOON (1994), as lagunas distribuem-se pelo litoral de todos os continentes, excepto pelo da Antárctida, e juntamente com os rastos de maré e os sapais ocupam cerca de 13% dos litorais mundiais. O mais extenso troço costeiro, com cerca de 2800 km de comprimento, ocorre na costa Este dos EUA, onde as lagunas (do tipo “Permeáveis”), posicionadas na retaguarda de sistemas de ilhas barreira, ocupam cerca de 80 % desse litoral. A ocorrência de ambientes lagunares é mais comum nas baixas planícies costeiras agradacionais, às quais está associada uma história evolutiva de submergência durante os últimos 10 000 anos.

A formação de ambientes lagunares implica um abundante fornecimento de material detrítico - para construção da barreira - e a exposição a uma agitação marítima favorável. Normalmente, a maior parte dos sedimentos para a edificação dessas estruturas é fornecido do exterior (da plataforma por deriva litoral) e a actividade das ondas proporcionará a sua distribuição transversal ou longilitoral; o fornecimento fluvial pode ser igualmente importante. Outro tipo de barreiras - de vegetação, de recifes biogénicos, ou de estruturas tectónicas - podem ter as mesmas consequências em termos de impedir/dificultar a comunicação entre o ambiente lagunar e o oceânico. Segundo os mesmos autores, os litorais microtidais (amplitude de maré <2 m) reúnem as condições mais favoráveis para a formação de barreiras, onde a actividade das ondas se sobrepõe à actividade das marés. Pelo contrário, a presença de sistemas lagunares com barreira construída é escassa em litorais macrotidais (amplitude de maré >4 m), onde as fortes correntes de maré inibem a formação/crescimento de barreiras detríticas. Deste modo, é facilmente perceptível a abundância de lagunas nos ambientes microtidais - ex: Mar Negro e Mar Cáspio e a sua escassez nos de características macrotidais - ex: Mar do Norte.

### II.1.2 AMBIENTES LAGUNARES PORTUGUESES

Estima-se que da extensão total do litoral mundial 13 % é ocupada por ambientes lagunares sendo o continente europeu o que apresenta a percentagem mais baixa (BARNES, 1980), de apenas 5 % (STÅLNACKE *et al.*, 2015).

O litoral português, com 1846 km de extensão, incluindo continente e ilhas, apresenta na fachada ibérica 943 km (DIAS, 2000 in ANDRADE *et al.*, 2002), dos quais apenas 4 km representam zonas húmidas em contacto directo com o ambiente marinho, o que corresponde a uma percentagem inferior a 0,5 %, ou seja praticamente “virtual”. É de realçar que este diminuto valor resulta do facto de no nosso território a maior parte das zonas húmidas se apresentar “encostada” a extensas barreiras detríticas (ex: laguna de Aveiro e Ria Formosa), pelo que a sua maior extensão ocorre para montante de sistemas de restingas e de ilhas barreira. Ao se considerar a totalidade destas zonas húmidas protegidas pelas barreiras arenosas o valor sobe de 0,41 % para cerca de 14 %, valor que inclui todos os tipos de estuários (não confinados e confinados - ou seja neste último caso as lagunas).

O segmento costeiro Tróia-Sines, onde se inserem os sistemas lagunares e interdunares húmidos do presente estudo, apresenta 66 km de comprimento, dos quais 12 km (16,4 %) correspondem a zonas húmidas. Note-se que este sector no estudo apresentado por ANDRADE *et al.* (2002) corresponde ao terceiro sector com maior extensão de zonas húmidas a seguir ao que inclui a Ria Formosa (81 %) e ao que inclui a laguna de Aveiro (29,5%). Os restantes cinco sectores, dos oito definidos por estes autores para o litoral de Portugal continental, apresentam zonas húmidas em extensões inferiores a 6 %. Daqui se depreende a importância do troço Tróia-Sines no que diz respeito à presença de zonas húmidas, uma vez que o litoral português não apresenta uma distribuição uniforme dos sistemas costeiros, nomeadamente de lagunas.

As lagunas costeiras constituem uma das formas litorais presentes na linha de costa portuguesa, correspondendo a um tipo de zona húmida na interface continente/oceano. De acordo com as classificações dos ambientes lagunares anteriormente citadas, é natural que alguns ambientes estuarinos portugueses, com presença de barreiras arenosas na embocadura, inibidoras das trocas com o meio oceânico, referidos na literatura como estuários, sejam efectivamente lagunas. FREITAS (1995) refere os casos dos estuários dos rios Minho, Lima, Cávado, Sado, Mira, e das ribeiras de Odeceixe, Aljezur e Carrapateira como exemplo. Enquanto nos cinco primeiros o caudal fluvial é suficientemente importante para a manutenção contínua de um canal de escoamento (embora no Sado se efectuem já dragagens de manutenção), na foz das ribeiras de Odeceixe, Aljezur e Carrapateira, durante a maior parte do ano, a acção dos agentes oceânicos, principalmente as ondas (deriva longilitoral) sobrepõe-se à actividade fluvial de carácter torrencial, bloqueando a descarga destes sistemas com a acumulação de areias na embocadura (FIDALGO *et al.*, 1998; CANCELA da FONSECA *et al.*, 2001). As regiões vestibulares destes sistemas fluviais devem, pois, considerar-se lagunas e não estuários, ou quanto muito sistemas fluviais bloqueados (transição insipiente para ambientes lagunares). Na **Figura II.1-4** apresenta-se a localização e a morfologia de ambientes lagunares do litoral português, resumindo-se na **Tabela II.1-1** algumas das suas características fisiográficas.

Entre os meios mais produtivos da biosfera, os ambientes lagunares, posicionados na interface continente/oceano, constituem zonas húmidas abrigadas, de pequena profundidade, de intensa produtividade orgânica primária, proporcionando abrigo e alimentação para numerosas espécies ictiológicas juvenis. Deste modo, as lagunas, tal como os estuários, constituem locais privilegiados, funcionando como berçários para muitas espécies de peixes, contribuindo para o repovoamento das zonas costeiras. Constituem igualmente ecossistemas de enorme diversidade de plantas que, a par com as espécies animais, se encontram sujeitas a elevadas condições de stress ambiental, devido às constantes e, por vezes, bruscas variações dos parâmetros físico-químicos e às crescentes pressões antrópicas (FREITAS, 1995; CRUCES, 2001).

Os primeiros estudos efectuados nos ambientes lagunares, privilegiavam, pois, a componente biológica e a dinâmica actual. No entanto, a percepção de que estes ambientes respondem, não só a factores forçadores locais (ex: regimes fluviais, disponibilidade sedimentar, permeabilidade das barras de maré, influência antrópica) mas também a globais (ex: nível médio do mar, alterações climáticas), com variações a escalas temporais muito distintas, tem promovido o aumento dos estudos de carácter geológico que permitem avaliar a génese e a evolução holocénica destes ambientes, bem como a sua dinâmica actual. Por outro lado, a crescente influência antrópica nestes frágeis ambientes tem direccionado as investigações para o campo da determinação/quantificação do grau de perturbação antrópica, registando-se um incremento dos estudos de carácter ambiental e geoquímico. Na **Tabela II.1-2**, referem-se alguns estudos encontrados durante a pesquisa bibliográfica desta tese que se reportam principalmente a informação biológica, geológica (e ambiental) para cada ambiente lagunar.





**Figura II.1-4** - Localização e morfologia de ambientes lagunares do litoral português (os ambientes 8, 9, 10 e 11 podem ser considerados sistemas fluviais bloqueados, num estado de transição ainda muito insipiente para um ambiente lagunar costeiro). (imagens de © 2006 GOOGLE - <http://maps.google.com>).

**Tabela II.1-1 - Características principais de ambientes lagunares (actuais) do litoral português.**

Nome	Área molhada (km <sup>2</sup> )	Profundidade máxima (m)	Descrição da barra de maré	Área da bacia hidrográfica (km <sup>2</sup> )	Principais afluentes (rios, ribeiras)
1 Barrinha de Esmoriz (ou Lagoa de Paramos)	0,9 <sup>(a)</sup>	2 <sup>(a)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera, aberta artificialmente, permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo. <sup>(a) (b) (c)</sup>	74 <sup>(a)</sup>	Rio Maior, Cortegaca, Mangas <sup>(b) (c)</sup>
2 Ria de Aveiro (inclui Lagoa de Mira e Lagoa da Barrinha)	115 <sup>(d)</sup>	10-12 <sup>(d)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré, aberta, fixada artificialmente por estruturas rígidas, permitindo o contacto permanente com o mar. <sup>(d) (e)</sup>	3109 <sup>(d)</sup> 3635 <sup>(e)</sup>	Vouga
3 Concha de S. Martinho do Porto	0,8 <sup>(f)</sup>	2* <sup>(f)</sup>	Confinamento estrutural. Uma barra de maré natural, aberta permanentemente em formações rochosas. <sup>(f) (g)</sup>	n.d.	Alfeizerão, Salir <sup>(g)</sup>
4 Lagoa de Óbidos	6 <sup>(h)</sup> 7 <sup>(e)</sup>	4,5 <sup>(h)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré, aberta artificialmente e com estrutura rígida de guiamento de correntes. <sup>(e) (h)</sup>	440 <sup>(h)</sup>	Borraça, Cal, Arnóia, Real <sup>(h)</sup>
5 Lagoa de Albufeira	1,6 <sup>(a)</sup>	16-20 <sup>(a)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera, aberta artificialmente (Primavera, e por vezes no Verão) permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo (semanas-meses). <sup>(a)</sup>	106 <sup>(a)</sup>	Apostica, Ferraria, Aiana, Sanchola <sup>(a)</sup>
6 Lagoa de Melides	0,4 <sup>(j)</sup>	6 <sup>(i)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera, aberta artificialmente (anualmente - Primavera) permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo (dias-semanas). <sup>(j)</sup>	65 <sup>(i)</sup>	Melides <sup>(i)</sup>
7 Lagoa de Santo André	2,5-3,7 <sup>(i)</sup>	5,5 <sup>(i)</sup>	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera, aberta artificialmente (anualmente - Primavera) permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo (dias-meses). <sup>(j)</sup>	145 <sup>(i)</sup>	Cascalheira, Ponte, Azinhal, Forneco, Badoca <sup>(i)</sup>
8 Lagoa de Moinhos	n.d.	??	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera, aberta naturalmente permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo.	n.d.	Moinhos
9 Lagoa de Seixe	n.d.	n.d.	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera que rompe naturalmente após eventos torrenciais da ribeira, permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo <sup>(j,k,l,m,n)</sup> .	250 <sup>(j,k,l,m,n)</sup>	Odeceixe <sup>(m)</sup>
10 Lagoa de Aljezur	n.d.	n.d.	Barreira arenosa com uma barra de maré efémera que rompe naturalmente após eventos torrenciais da ribeira, permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo <sup>(j,k,l,m,n)</sup> .	200 <sup>(j,k,l,m,n)</sup> 298 <sup>(o)</sup>	Aljezur <sup>(m,o)</sup>
11 Lagoa da Carrapateira	n.d.	n.d.	Barreira arenosa com barra de maré efémera que rompe naturalmente após eventos torrenciais de Inverno, ou por acção de marés de grande amplitude e temporais, permitindo trocas laguna/oceano durante algum tempo <sup>(j,k,l,m,n,p)</sup> .	100 <sup>(j)</sup> 111 <sup>(k,l)</sup> 110 <sup>(m,n)</sup> 105 <sup>(o)</sup>	Carrapateira, Bordeira <sup>(p)</sup>
12 Ria de Alvor	4 <sup>(a)</sup>	n.d.	Limitada por dois cordões arenosos (poente e nascente), entre os quais se posiciona uma barra de maré <sup>(q)</sup> fixada por estruturas rígidas <sup>(a)</sup> .	250 <sup>(q)</sup>	Odeáxere, Arão, Farelo, Torre <sup>(q)</sup>
13 Lagoa de Alcantarilha	n.d.	n.d.	Barreira arenosa contínua <sup>(r,s,t)</sup> .	204 <sup>(u)</sup>	Alcantarilha <sup>(r,s)</sup>

n.d. - não determinado; \*- profundidade média; (a) FREITAS (1995); (b) PRATES *et al.* (1989); (c) PRATES & ROMARIZ (1989); (d) TEIXEIRA (1994); (e) FARINHA & TRINDADE (1994); (f) HENRIQUES *et al.* (2002); (g) DINIS *et al.* (2006); (h) FREITAS (1989); (i) CRUCES (2001); (j) COSTA *et al.* (1987); (k) MAGALHÃES *et al.*, (1987); (l) CANCELA da FONSECA *et al.* (2001); (m) FIDALGO e COSTA *et al.* (1998); (n) FIDALGO e COSTA *et al.* (2002); (o) CARVALHO (2004); (p) CANCELA da FONSECA & MAGALHÃES (1987); (q) CABRAL *et al.* (1989); (r) PINTO & TEIXEIRA (2002); (s) PINTO *et al.* (2001); (t) MOURA *et al.* (2005); (u) PINTO & TEIXEIRA (2002); (v) Celso Pinto, comunicação pessoal (2006); (w) FERNANDES *et al.* (2001); (x) COELHO *et al.* (2004); (y) TEIXEIRA (2005); (z) ANDRADE (1990).

**Tabela II.1-1 (continuação) - Características principais de ambientes lagunares (actuais) do litoral português.**

Nome	Área molhada (km <sup>2</sup> )	Profundidade máxima (m)	Descrição da barra de maré	Área da bacia hidrográfica (km <sup>2</sup> )	Principais afluentes (rios, ribeiras)
14 Lagoa dos Salgados	1,5 <sup>(r,s)</sup>	4m <sup>(v)</sup>	Barreira arenosa (r,t,w) com uma barra de maré efémera, aberta artificialmente (plurianualmente) permitindo trocas laguna/oceno durante algum tempo (dias-2 semanas) <sup>(r)</sup> . Barra de maré efémera resultante de abertura natural ou artificial <sup>(w)</sup> .	37 <sup>(r,s)</sup>	Espiche <sup>(r,s)</sup>
15 Lagoa de Almarginem	n.d.	n.d.	Barreira arenosa <sup>(x)</sup> com uma barra de maré efémera resultante de abertura natural ou artificial; trocas laguna/oceno durante pouco tempo <sup>(y)</sup> .	n.d.	Almarginem <sup>(y)</sup>
16 Lagoa de Carcavai	n.d.	n.d.	Barreira arenosa <sup>(y)</sup> .	n.d.	Carcavai <sup>(y)</sup>
17 Ria Formosa	84 <sup>(z)</sup>	5-7 <sup>(z)</sup>	Sistema de ilhas barreira e restingas com seis barras de maré, permanentes, das quais duas estão fixadas artificialmente por estruturas rígidas <sup>(z)</sup> .	740 <sup>(z)</sup>	Gondra, S. Lorenzo, Biogal, Seco, Tavira, Olhão, Gilão, Almarginem, Cacela <sup>(z)</sup>

n.d. - não determinado; \*- profundidade média; (a) FREITAS (1995); (b) PRATES *et al.* (1989); (c) PRATES & ROMARIZ (1989); (d) TEIXEIRA (1994); (e) FARINHA & TRINDADE (1994); (f) HENRIQUES *et al.* (2002); (g) DINIS *et al.* (2006); (h) FREITAS (1989); (i) CRUCES (2001); (j) COSTA *et al.* (1987); (k) MAGALHÃES *et al.* (1987); (l) CANCELA da FONSECA *et al.* (2001); (m) FIDALGO e COSTA *et al.* (1998); (n) FIDALGO e COSTA *et al.* (2002); (o) CARVALHO (2004); (p) CANCELA da FONSECA & MAGALHÃES (1987); (q) CABRAL *et al.* (1989); (r) PINTO & TEIXEIRA (2002a); (s) PINTO *et al.* (2001); (t) MOURA *et al.* (2005); (u) PINTO & TEIXEIRA (2002a); (v) Celso Pinto, comunicação pessoal (2006); (w) FERNANDES *et al.* (2001); (x) COELHO *et al.* (2004); (y) TEIXEIRA (2005); (z) ANDRADE (1990).

Note-se que o conjunto de referências bibliográficas está longe de se encontrar completo e apenas pretende servir de compilação auxiliar para quem no futuro se interesse pelo tema. Por se tornar difícil, por um lado, separar as publicações resultantes de estudos que se referem exclusivamente às áreas da biologia, da geologia ou do ambiente, bem como as publicações que se referem aos estudos a micro, meso e macro-escala temporal, optou-se por apresentar as referências unicamente por ordem cronológica, sem conotação temática. Naturalmente, é maior o volume de referências relativo aos ambientes lagunares de Albufeira, Melides e Santo André, por constituírem objecto de estudo da autora, tendo sido a pesquisa bibliográfica mais exaustiva nestes, embora não sendo todos alvos da presente dissertação.

**Tabela II.1-2 - Referências bibliográficas de estudos de carácter biológico, geológico e ambiental, efectuadas nos ambientes lagunares (actuais) portugueses ordenados cronologicamente em cada laguna.**

Nome	Intervalo temporal das publicações	Referências
1 Barrinha de Esmoriz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRATES <i>et al.</i> (1989); PRATES &amp; ROMARIZ (1989); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); FREITAS (1996); HENRIQUES &amp; JESUS (1996).</li> <li>• FERNANDES (2007); JESUS <i>et al.</i> (2010).</li> </ul>
2 Ria de Aveiro (inclui Lagoa de Mira e Lagoa da Barrinha)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEIXEIRA (1994); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); FREITAS (1996); PINTO (1997).</li> <li>• LOPES &amp; DIAS (2014); PLECHA (2014); (*)</li> </ul>
3 Concha de S. Martinho do Porto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FREITAS (1996).</li> <li>• HENRIQUES <i>et al.</i> (2002); DINIS <i>et al.</i> (2005); DINIS <i>et al.</i> (2006).</li> </ul>
4 Lagoa de Óbidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RODRIGUES &amp; QUINTINO (1985); QUINTINO <i>et al.</i> (1989); REITAS (1989a); HENRIQUES (1992); FREITAS (1989a, 1989b, 1989c); FREITAS <i>et al.</i> (1992); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); FREITAS (1996).</li> <li>• HENRIQUES <i>et al.</i> (2002); CARVALHO <i>et al.</i> (2005); DINIS <i>et al.</i> (2005); COSTA (2006); DINIS <i>et al.</i> (2006); FORTUNATO &amp; OLIVEIRA (2007); FERREIRA <i>et al.</i> (2009); MALHADAS <i>et al.</i> (2009).</li> </ul>
5 Lagoa de Albufeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LEAL (1985); LNETI (1985a); LNETI (1985b); QUEIROZ (1985); PENEDA &amp; DIAS (1986); QUINTINO &amp; RODRIGUES (1986); DUARTE (1987); QUINTINO <i>et al.</i> (1987); ERENA (1988); QUEIROZ (1989); FREITAS (1990); FREITAS <i>et al.</i> (1992); DUARTE (1994); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); QUEIROZ &amp; MATEUS (1994); FREITAS (1995); FREITAS &amp; ANDRADE (1995a); FREITAS &amp; ANDRADE (1995b); FREITAS (1996); NOGUEIRA <i>et al.</i> (1996); OLIVEIRA &amp; SAMPAYO (1996); COUTINHO (1998); CRUCES <i>et al.</i> (1999); MENDES (1999).</li> <li>• MONTEIRO (2001); HENRIQUES <i>et al.</i> (2002); FREITAS <i>et al.</i> (2002b); FREITAS <i>et al.</i> (2003b); FREITAS <i>et al.</i> (2003c); CRUCES <i>et al.</i> (2004a); FREITAS <i>et al.</i> (2004b); CRUCES <i>et al.</i> (2005a); FERRAZ (2005); FERRAZ <i>et al.</i> (2005); COSTA <i>et al.</i> (2006); SILVA (2006); GOMES (2007); FREITAS <i>et al.</i> (2010); CRUCES <i>et al.</i> (2015).</li> </ul>
6 Lagoa de Melides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RANGEL (1987); CARLSON &amp; CARLSON (1988); ERENA (1988); BARBOSA &amp; BERNARDO (1989); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1989b); FONSECA (1989); SALDANHA &amp; COL (1989); FONSECA (1992); ANDRADE &amp; FREITAS (1993); FREITAS <i>et al.</i> (1993); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); FREITAS &amp; ANDRADE (1994); QUEIROZ &amp; MATEUS (1994); SANTOS (1994); FREITAS <i>et al.</i> (1995); FREITAS (1996); FREITAS &amp; ANDRADE (1997a); (1997b); CRUCES <i>et al.</i> (1999); FREITAS <i>et al.</i> (1999b); SANTOS (1999).</li> <li>• CRUCES <i>et al.</i> (2000); FREITAS <i>et al.</i> (2000); CRUCES (2001); FREITAS <i>et al.</i> (2002b), (2002c), HENRIQUES <i>et al.</i> (2002); CRUCES <i>et al.</i> (2003); FREITAS <i>et al.</i> (2003a), (2003c), (2003d), (2003e), (2003f); CRUCES <i>et al.</i> (2004a); FREITAS <i>et al.</i> (2004b); EILM/NEMUS/CONSULMAR/HIDROMOD (2005); RIBEIRO <i>et al.</i> (2004), (2005a), (2005c); CABRAL <i>et al.</i> (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2006); GOMES (2007); FREITAS <i>et al.</i> (2007a; 2007b, 2008, 2009a, 2009b); CABRAL <i>et al.</i> (2010); FREITAS <i>et al.</i> (2010a, 2010b, 2010c, 2011).</li> </ul>
7 Lagoa de Santo André	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CALVÃO (1972); CALEJO MONTEIRO (1973a), (1973b); G.E.T. (1979); DINIS (1982); AGROPOMOTORA (1984); BERNARDO <i>et al.</i> (1985); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1985); COSTA <i>et al.</i> (1985); FONSECA (1985); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1987a), (1987b); BERNARDO <i>et al.</i> (1988); CARLSON &amp; CARLSON (1988); ERENA (1988); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1989c); BARBOSA &amp; BERNARDO (1989); BERNARDO (1989); CANCELA DA FONSECA (1989); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1989a), (1989b); CRUZ (1989); FONSECA (1989); SALDANHA &amp; COL (1989); BERNARDO (1990); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1990); ANDRADE (1991); MATOS (1991); CANCELA DA FONSECA (1992); CANCELA DA FONSECA &amp; LUIS (1992); FONSECA (1992); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1993); CATRY (1993); CHEIS (1993); DIAS (1993); FONSECA (1993); LUIS &amp; CANCELA DA FONSECA (1993); MADEIRA (1993); PALMA (1993); CRISTO &amp; CANCELA DA FONSECA (1994); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); CANCELA DA FONSECA (1995); FREITAS <i>et al.</i> (1995); CATRY &amp; ARAÚJO (1996); FREITAS (1996); FARINHA &amp; SILVA (1997); FREITAS <i>et al.</i> (1998); BOAVENTURA <i>et al.</i> (1999); FREITAS <i>et al.</i> (1999a), CRUCES <i>et al.</i> (1999).</li> <li>• CRUCES <i>et al.</i> (2000); FREITAS <i>et al.</i> (2000); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (2001a); CRUCES (2001); MACEDO <i>et al.</i> (2001); CEARRETA <i>et al.</i> (2002); DUARTE <i>et al.</i> (2002); FREITAS <i>et al.</i> (2002a), (2002b); HENRIQUES <i>et al.</i> (2002); FREITAS <i>et al.</i> (2003b), (2003c), (2003e), (2003f); CRUCES <i>et al.</i> (2004a); FREITAS <i>et al.</i> (2004); PIEDADE (2004); PIEDADE <i>et al.</i> (2004); RIBEIRO <i>et al.</i> (2004); SILVA <i>et al.</i> (2004a), (2004b); SILVA (2005); CRUCES <i>et al.</i> (2005); PIEDADE <i>et al.</i> (2005); RAMOS (2005); RAMOS <i>et al.</i> (2005); RIBEIRO <i>et al.</i> (2005a), (2005b), (2005c); BERNARDO <i>et al.</i> (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2006); MOREIRA (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2009a); PIRES <i>et al.</i> (2009); RAMOS <i>et al.</i> (2009); FREITAS <i>et al.</i> (2010a); LOPES <i>et al.</i> (2010); PIRES <i>et al.</i> (2010), (2011); CRUCES <i>et al.</i> (2015).</li> </ul>

(\*) - mais 47 referências, de trabalhos publicados entre 1999 - 2014 disponíveis em <http://www.nmec.eu/index.php/artigos-internacionais>.



**Tabela II.1-2 (continuação) - Referências bibliográficas de estudos de carácter biológico, geológico e ambiental efectuados nos ambientes lagunares (actuais) portugueses ordenados cronologicamente em cada laguna.**

Nome	Intervalo temporal das publicações	Referências
8 Lagoa de Moinhos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FARINHA e SILVA (1997).</li> <li>• VAN LEEUWAARDEN (2000); ABREU (2001); QUEIROZ &amp; MATEUS (2004); GOMES (2007); ABREU <i>et al.</i> (2009); NUNES (2015).</li> </ul>
9 Lagoa de Seixe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COSTA <i>et al.</i> (1987); MAGALHÃES <i>et al.</i> (1987); COSTA <i>et al.</i> (1988); COSTA <i>et al.</i> (1990); FIDALGO e COSTA (1994); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (1998).</li> <li>• CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (2001b); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2002); CARVALHO (2004); GAMA (2004); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2006).</li> </ul>
10 Lagoa de Aljezur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COSTA <i>et al.</i> (1987); MAGALHÃES <i>et al.</i> (1987); COSTA <i>et al.</i> (1988); (1990); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (1998).</li> <li>• CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (2001b); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2002); CARVALHO (2004); GAMA (2004); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2006).</li> </ul>
11 Lagoa da Carrapateira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CANCELA DA FONSECA &amp; MAGALHÃES (1987); COSTA <i>et al.</i> (1987); MAGALHÃES <i>et al.</i> (1987); MAGALHÃES &amp; CANCELA da FONSECA (1987); COSTA <i>et al.</i> (1988); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (1998).</li> <li>• CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (2001); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2002); CARVALHO (2004); FIDALGO e COSTA <i>et al.</i> (2006).</li> </ul>
12 Ria de Alvor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CABRAL <i>et al.</i> (1989); MARQUES &amp; ROMARIZ (1989); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); FREITAS (1996).</li> <li>• SIMONSON &amp; DIAS (2004).</li> </ul>
13 Lagoa de Alcantarilha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PINTO <i>et al.</i> (2001); FERNANDES <i>et al.</i> (2001); PINTO &amp; TEIXEIRA (2002); COELHO <i>et al.</i> (2004).</li> </ul>
14 Lagoa dos Salgados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FERNANDES <i>et al.</i> (2001); PINTO <i>et al.</i> (2001); PINTO &amp; TEIXEIRA (2002); COELHO <i>et al.</i> (2004); COSTA <i>et al.</i> (2009); COSTA <i>et al.</i> (2010); COSTA <i>et al.</i> (2015).</li> </ul>
15 Lagoa de Almargem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COELHO <i>et al.</i> (2004); TEIXEIRA (2005); TEIXEIRA <i>et al.</i> (2005).</li> </ul>
16 Lagoa de Carcavai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEIXEIRA (2005); TEIXEIRA <i>et al.</i> (2005); SCHNEIDER <i>et al.</i> (2010).</li> </ul>
17 Ria Formosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 1999</li> <li>• 2000-2015</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SOUSA REIS <i>et al.</i> (1985); ANDRADE, C. (1990); FARINHA &amp; TRINDADE (1994); SPRUNG (1994); FREITAS (1996); FALCÃO (1996).</li> <li>• ABREU &amp; MACHADO (2000); ANDRADE <i>et al.</i> (2004); ARNAUD-FASSETTA (2006); MATIAS (2006); CARRASCO <i>et al.</i> (2009).</li> </ul>

## II.2 Ambientes Lacustres Interdunares (Interdunares Húmidos)

### II.2.1 INTRODUÇÃO

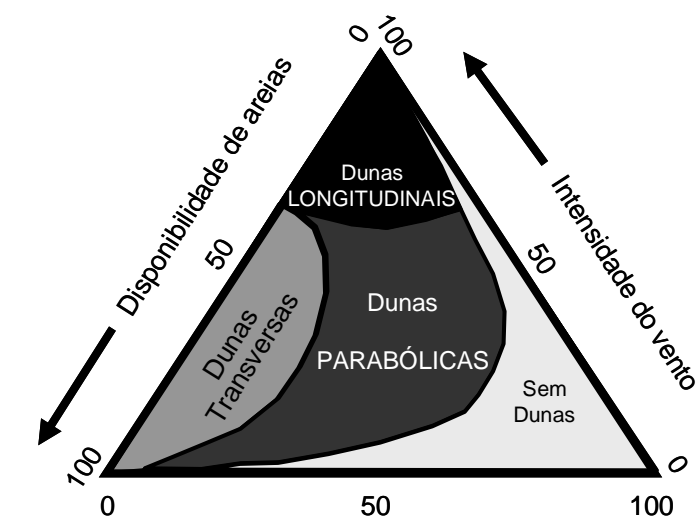
Os ambientes lacustres interdunares constituem um tipo de subambiente dunar com características muito peculiares - Interdunares Húmidos. Embora a génese de um interdunar esteja inequivocamente dependente do sistema dunar em que se insere, a sua posterior evolução, como “interdunar seco” (“dry dune slack”) ou “interdunar húmido” (“wet dune slack”) é principalmente regida pela influência dos Factores Forçadores Locais (disponibilidade sedimentar, precipitação, oscilações do nível freático, evaporação, influência antrópica, etc.), em detrimento dos Globais (nível médio do mar). Os estudos que visam a génese e evolução deste tipo de subambientes tão particulares devem “olhar” para além da depressão interdunar e enquadrar a sua dinâmica na do sistema dunar que o insere. Torna-se pois evidente, a necessidade de expor algumas considerações sobre os sistemas dunares, em geral, antes de reflectir sobre os interdunares, em particular.

Os ambientes dunares costeiros constituem área de grande valor ecológico, geomorfológico, geológico, histórico, arqueológico e paisagístico. No entanto, a maior parte dos estudos efectuados nestes ambientes focalizam-se no seu valor ecológico (ex: biodiversidade, processos de regulação) por constituir um campo extremamente amplo, sobre o qual estão, actualmente, a ser desenvolvidos acordos internacionais (HESLENFELD *et al.*, 2004).

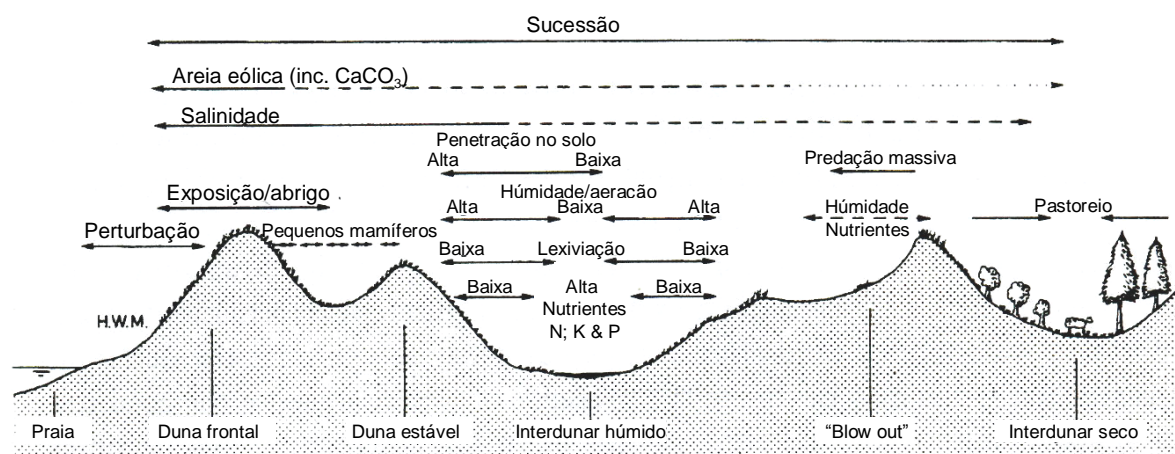
O desenvolvimento e a dimensão de dunas frontais são superiores em litorais dissipativos de perfis suaves, que durante o baixa-mar deixam a descoberto extensas áreas de material detrítico, enquanto em litorais reflectivos de perfis íngremes, o desenvolvimento de sistemas dunares frontais é inibido pela escassez de material detrítico, pois durante o baixa-mar a área exposta é reduzida (CARTER, 1995).

Em litorais baixos, sem constrangimentos geomorfológicos, a morfologia dunar é condicionada, principalmente, segundo PETHICK (1984), pela intensidade do vento, a disponibilidade sedimentar e pelo tipo e densidade do coberto vegetal (**Figura II.2-1**). A presença de importante cobertura vegetal reduz a mobilização das areias e impede a formação de dunas. A escassez de cobertura vegetal associada a importante disponibilidade sedimentar, em condições moderadas de intensidade do vento, promove a formação de dunas transversais mas um incremento de vegetação pode impedir a mobilização de certos sectores do complexo, dando origem a dunas parabólicas. Em regimes de grande intensidade do vento e em condições de menor disponibilidade sedimentar promove-se a formação de dunas longitudinais.

A migração para terra do cordão frontal, paralelo à linha de costa e a acreção sucessiva de novos cordões do lado do mar conduz a uma morfologia repetitiva de cristas e cavas, em que a crista a barlavento (mais próxima da praia) é a mais recente, sendo cada vez mais antigas à medida que se afastam da primeira para o interior. Deste modo, num complexo dunar podem registar-se gradientes relativamente a diferentes factores ambientais à medida que a distância ao mar aumenta, por exemplo: diminuição da influência do spray marinho, empobrecimento da componente carbonatada (induzindo a diminuição do pH), etc., originando a ocorrência de gradientes ecológicos (**Figura II.2-2**) (CARTER, 1995).



**Figura II.2-1-** Relação entre morfologia dunar, coberto vegetal, disponibilidade sedimentar e intensidade do vento (Adaptado de HACK, 1941, in MEURISSE et al., 2005).



**Figura II.2-2 -** Gradientes ecológicos num sistema dunar costeiro (Adaptado de CARTER, 1995).

Nestes sistemas, podem distinguir-se de acordo com a sua evolução geomorfológica, dois tipos de interdunares - “dune slacks” (HOUSTON, 2008), que se distinguem por ser de:

- **gênese primária** - formam-se em condições de acreção de múltiplas cristas, paralelas ao litoral. Ocorrem quando se assiste à formação de uma nova crista dunar, paralela à praia, que se vai movimentando para terra até “soldar” a uma crista pré-existente. A zona entre as duas cristas, apresenta-se, em geral, estreita com alinhamento paralelo à linha de costa. O processo pode repetir-se e teremos a formação de complexos dunares com múltiplas cristas e depressões, alinhadas com a orientação da praia.
- **gênese secundária** - com origem em fenómenos de deflação/erosão formando depressões no sistema dunar (“blow out”) ou por movimentação, para terra, das cristas dunares que se deslocam sobre um substrato arenoso húmido (topo do nível freático). As dimensões destes interdunares podem variar entre poucos metros quadrados e alguns hectares.

Nos sistemas dunares, as depressões (ou seja os interdunares ou as “cavas”, por oposição a “cristas”) podem ser sujeitas a fenómenos de inundação marinha e/ou, dependendo da altimetria da base

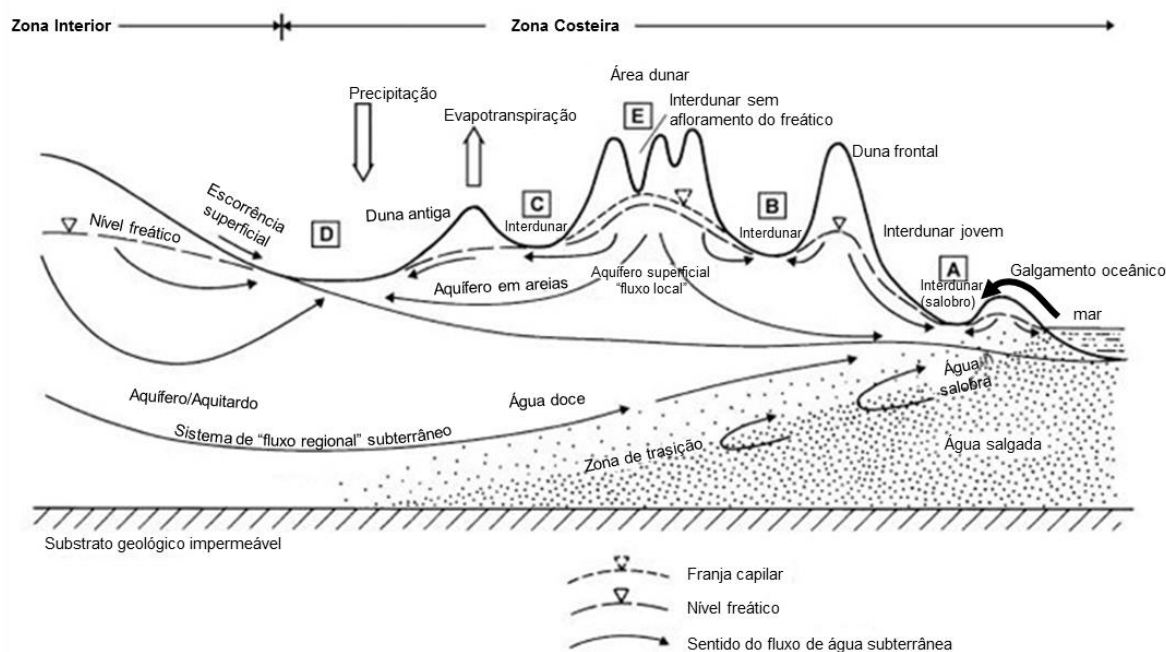
da depressão, sujeitas a inundação como consequência da subida do nível freático (após períodos de elevada precipitação ou quando impulsionado pela subida da cunha salina sob o aquífero dunar doce).

Deste modo se percebe que a altimetria da base da depressão e a disponibilidade hídrica, ao se reflectirem na cota do nível freático, serão determinantes para o aparecimento de “interdunares húmidos” (“wet dune slacks”) ou de “interdunares secos” (“dry dune slacks”), podendo coexistir os dois tipos no mesmo sistema dunar, registando características e dinâmicas diferenciadas. HOUSTON (2008) cita RANWELL (1972) no que refere à importância da presença de água nos interdunares. Este autor refere que as areias se mantêm praticamente saturadas 10 a 15 cm acima do nível freático e que a acção dos fenómenos de capilaridade é responsável pela subida de quantidades apreciáveis de água, até cerca de 45 cm acima do nível freático. No entanto, esta influência dissipa-se para níveis superiores e a cerca de 1 m acima do nível freático a influência deste é praticamente nula. Deste modo, a duração da inundação e a espessura do hidrossoma durante o Inverno e a severidade da seca do período estival são determinantes no desenvolvimento da vegetação e na sua estrutura (DAVY *et al.*, 2006). De acordo com estas observações RANWELL (1959, *in* HOUSTON, 2008) descreve os interdunares húmidos (“wet dune slacks”) como correspondendo às depressões dunares onde, qualquer que seja a época do ano, o topo do nível freático pode aflorar ou se encontrar muito próximo da superfície (profundidade inferior a 1 m). Já os interdunares secos (“dry dune slacks”) correspondem a interdunares onde o topo do nível freático se posiciona, durante a época de Verão, sempre a profundidades superiores a 1 - 2 m. GROOTJANS (2002, 2004) refere que as depressões interdunares húmidas constituem áreas inundadas durante a estação pluviosa (Inverno e Primavera na Europa; Verão nos trópicos).

Para o hidrossoma dos “interdunares húmidos” podem contribuir diferentes fontes hidrológicas, tais como: a) precipitação; b) escorrência superficial; c) água subterrânea (GROOTJANS, 2004), sem que o regime de inundação “visível” seja permanente.

Deste modo, a quantidade de água disponível no interdunar resulta de um balanço entre a precipitação, a evapotranspiração e a dinâmica da circulação dos aquíferos (aquífero local superficial e aquífero subterrâneo regional). DAVY *et al.* (2006), tendo em conta que o regime hidrológico e hidroquímico dos interdunares húmidos depende de vários factores como as condições climáticas, a geomorfologia costeira, as condições hidrogeoquímicas e o substrato geológico, propõe um modelo de circulação/conexão entre o aquífero superficial local e o subterrâneo regional que conduz ao aparecimento de cinco tipos de interdunares (**Figura II.2-3**). Estes vão depender da influência do “fluxo local” e do “fluxo regional”. O primeiro tem a sua recarga directamente a partir da precipitação e o seu sentido de circulação pode fazer-se para o mar ou para terra, dependendo da aba da duna em que nos encontramos (para o mar se na barlamar e para terra se na sotamar). A circulação horizontal pode fazer-se sem restrições mas a vertical pode estar condicionada pela presença de níveis de argilas ou turfa. No segundo, a circulação faz-se de terra com descarga para o mar e a dinâmica depende naturalmente do substrato geológico, podendo corresponder a um aquífero (boa condutividade hidráulica) ou a um aquitardo (baixa condutividade hidráulica). A topografia do sistema dunar e dos terrenos mais afastados da linha de costa (geologia regional), ao condicionarem a geometria do nível freático, também vão influenciar os vários tipos de interdunares húmidos (DAVY *et al.*, 2006) (**Figura II.2.3**):

- A. corresponde a um interdunar mais jovem e mais próximo do mar e da zona de transição entre a circulação da água doce e da água salina (cunha salina), pelo que pode estar sujeito a condições salobras;
- B. interdunar onde o “fluxo local” se dirige para o interior da depressão, a partir das duas vertentes dunares e a saída da água faz-se por evapotranspiração;
- C. interdunar onde o “fluxo local” atravessa a depressão, assistindo-se à entrada da água no ponto de maior gradiente e saindo no lado oposto acompanhando o gradiente hidráulico (pode até acontecer de o sentido ser oposto ao do “fluxo regional”).
- D. interdunar posicionado na zona de fronteira entre o sistema dunar e os terrenos mais interiores; é alimentado tanto pelo “fluxo local” como pelo “regional”, podendo inclusive receber água de escorrência superficial.
- E. interdunar situado numa zona topograficamente mais elevada, onde o afloramento do nível freático só ocorre em anos húmidos. Na maior parte do tempo, a humidade presente resulta da subida por capilaridade das águas do nível freático, sem se registar inundação apreciável da depressão.



**Figura II.2-3** - Modelo conceptual das condicionantes hidrológicas e hidrogeológicas que afectam os interdunares húmidos. Este modelo é adaptado de DAVY et al. (2006), tendo-se acrescentado a indicação de galgamentos oceânicos (não previstos no modelo deste autor), por constituir uma fonte adicional registada nos interdunares em estudo, especialmente no caso do Poço do Barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha.

No caso dos interdunares em estudo, o Poço do Barbaroxa de Baixo e a Lagoa da Sancha, são do tipo A. No entanto, têm uma fonte adicional de água para o seu hidrossoma que é a proveniente de galgamentos oceânicos da barreira arenosa através de uma área topograficamente deprimida (“cicatriz”) do cordão arenoso, e que não está contemplada no modelo de DAVY et al. (2006) mas que foi

acrescentada na **Figura II.2-3**. Já os Poços do Barbaroxa do Meio e do Barbaroxa de Cima parecem corresponder ao interdunar do tipo B.

A ocorrência de afloramento do nível freático ou a presença de água próxima da superfície, num sistema dunar costeiro (ambiente com baixa quantidade de nutrientes) vem promover a instalação de comunidades vegetais específicas, que consequentemente conduzirão ao aumento do teor de matéria orgânica desses ambientes. Os interdunares “jovens”, mais próximos do mar, são pobres em nutrientes (baixa biomassa) mas enriquecidos em componente carbonatada (restos de conchas) e em sais marinhos (percolação de água marinha e “spray” marinho), o que lhes confere características alcalinas, albergando espécies calcícolas (pH = 7-8). A evolução de um interdunar passa pela ocorrência de vários mecanismos (ex: dessalinização, descalcificação e acumulação de matéria orgânica) que concorrerão para a diminuição progressiva do pH dos seus solos/sedimentos. Se o sistema não possuir forma de compensar estes processos (por ex: entrada de água subterrânea rica em carbonato) o seu “envelhecimento” vai conduzir à acidificação dos solos/sedimentos, promovendo a instalação de espécies calcífugas (pH = 3-5) (LAMMERTS, 1992). Deste modo, são diversos os processos que podem induzir a diminuição do pH:

1. Dessalinização - a precipitação continuada conduz à lixiviação dos sais presentes nos níveis superficiais, sendo removidos para níveis inferiores;
2. Descalcificação - remoção de iões alcalinos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Sr}^{2+}$  constituintes dos carbonatos dos bioclastos por processo análogo ao anterior;
3. Deposição atmosférica de ácidos, principalmente como causa da combinação dos óxidos de enxofre e azoto com a precipitação;
4. Produção e dissolução de  $\text{CO}_2$  (respiração de plantas e microorganismos);
5. Absorção/adsorção por plantas e matéria orgânica de espécies catiónicas, conduzindo ao enriquecimento da solução em espécies aniónicas;
6. Fenómenos de oxidação (ex: de sulfuretos diagenéticos estáveis em ambiente redutor nos níveis inferiores, quando expostos a ambiente oxidante durante um evento de secagem por descida acentuada do nível freático).

Na **Europa**, as dunas costeiras encontram-se dispersas por todo o litoral, embora a sua distribuição seja desigual, estimando-se em 5300 km<sup>2</sup> a área total ocupada pelos sistemas dunares (DELBAERE, 1998, *in* HESLENFELD *et al.*, 2004). Os mesmos autores estimam que, na Europa, desde 1900 se perdeu cerca de 25% dos sistemas dunares costeiros e que dos remanescentes, cerca de 55% perderam as suas características naturais.

A formação de muitos sistemas dunares costeiros foi contemporânea de nível médio do mar baixo e/ou de considerável disponibilidade sedimentar. A génese da maior parte das dunas Europeias ocorreu por acumulação de material detrítico proveniente da plataforma exposta, durante o Plistocénico recente e o Holocénico inicial, tendo abrandado o seu desenvolvimento quando o nível médio do mar começou a estabilizar ou mesmo quando sofreu pequena regressão durante o Holocénico médio (CARTER, 1995).

No **litoral português** as dunas costeiras apresentam distribuição desigual podendo agrupar-se em dois grandes grupos, dependendo do grau de coesão das areias: 1) dunas consolidadas; 2) dunas não

consolidadas. As primeiras chegam a formar campos dunares, muitas vezes cobertos por dunas não consolidadas mais recentes, sendo frequentes também na plataforma continental, formando ilhéus (ex: Ilha do Pessegueiro). Os maiores retalhos ocorrem entre Sines e Vila Nova de Mil Fontes e para Sul até Sagres. As segundas apresentam uma distribuição espacial que parece ser consequência do tipo de costa que lhe está adjacente. Aos sectores de costa alta correspondem, em regra, retalhos mais pequenos, enquanto aos sectores de costa baixa correspondem os maiores campos dunares. Estes apresentam o seu maior desenvolvimento entre Esmoriz e a Nazaré e entre Tróia e Sines (ALMEIDA, 1998).

ALMEIDA (1998) faz uma cuidada sinopse dos estudos/publicações sobre os ambientes dunares portugueses. Refere as publicações de SOARES de CARVALHO (1951, 1952 e 1964) como as que apresentam os resultados de estudos pioneiros nos ambientes dunares costeiros portugueses. Realça que posteriormente, numerosos investigadores, principalmente geólogos e geógrafos, se debruçaram sobre a morfologia, dinâmica e evolução destes sistemas. Na costa NW portuguesa destaca os trabalhos de GRANJA (1990), CAETANO ALVES (1996), ARAÚJO (1991) e LIMA ROCHA (1994). No litoral central refere os trabalhos de BETTENCOURT & ÂNGELO (1992), ALMEIDA (1995), VIDINHA TOMÁS (1994), ANDRÉ (1996), HENRIQUES (1996) e NOIVO (1996). Numa perspectiva mais fitocenótica e de ordenamento destaca os trabalhos de CRUZ (1985), NETO (1991), MARTINS (1989) e FONTOURA (1991). Para a região sul refere os trabalhos de RAMOS PEREIRA (1990 - com ênfase nas dunas consolidadas), JACKSON & NEVIM (1992), ANDRADE (1990) e GOMES (1992).

### II.2.2 SISTEMAS INTERDUNARES HÚMIDOS PORTUGUESES

Embora actualmente se possa afirmar que os ambientes dunares costeiros portugueses, entidades morfológicas marcantes do nosso litoral, se encontram bem caracterizados, tendo o número de estudos, a partir dos anos 80, subido a um ritmo ascendente (ALMEIDA, 1998), a verdade é que os interdunares e em particular os interdunares húmidos, têm sido um pouco esquecidos no nosso país. Estes ambientes, listados na Europa com prioridade elevada na Agenda Internacional de Conservação, actualmente alvo de programas de restauração (GROOTJANS *et al.*, 2002), são considerados pérolas de biodiversidade no seio dos ambientes dunares - SYKORA *et al.* (2004) consideram-nos autênticos “hot spots” de diversidade botânica. Nesta ordem de ideias, o conhecimento da sua génese e evolução reveste-se de extrema importância, principalmente a caracterização textural, composicional e paleoecológica do preenchimento sedimentar dessas depressões e a sua relação com factores climáticos, eustáticos e antrópicos.

Em Portugal, conhecem-se alguns interdunares húmidos que se apresentam na **Figura II.2-4**, referindo-se as suas principais características na **Tabela II.2-1** e enumerando-se cronologicamente os trabalhos efectuados nesses interdunares ou nos complexos dunares que os abrangem na **Tabela II.2-2**.

Os trabalhos de MATEUS (1992) e QUEIROZ (1999) foram pioneiros, na perspectiva paleoecológica, na abordagem a macroescala temporal do preenchimento dos interdunares húmidos costeiros do SW alentejano, enquanto os trabalhos de CRUCES *et al.* (2004b), FREITAS *et al.* (2004a), CRUCES *et al.* (2005b), (2005c), FERREIRA *et al.* (2005), CRUCES *et al.* (2006), FERREIRA (2006), FERREIRA *et al.* (2006) e



CRUCES *et al.* (2009b, 2010) inovaram na caracterização sedimentológica, geoquímica e peleocológica do preenchimento holocénico destes ambientes, no troço entre a Lagoa de Santo André e o Cabo de Sines (*Tabela II.2-2*).



**Figura II.2-4** - Localização e morfologia de ambientes lacustres interdunares (interdunares húmidos) costeiros do litoral português (imagens de © 2006 GOOGLE - <http://maps.google.com>).

Os interdunares húmidos constituem um tipo de ambiente de paludificação permanente, dos quais fazem parte também os pântanos e as turfeiras, correspondendo a bacias naturais com o solo permanentemente alagado, cuja paludificação resulta da existência de um aquífero doce ou oligohalino,



de longa residência e estabilidade, produzindo a acumulação contínua de sedimentos principalmente orgânicos (turfas ou limos orgânicos) (QUEIROZ & MATEUS, 2004). Constituem, pois, segundo QUEIROZ (1999) e QUEIROZ & MATEUS (2004) um ambiente de turfeira perimarinho, subtipo costeiro interdunar, um dos tipos de ambientes de turfeira identificados pelos autores no território português (*Tabela II.2-3; Figura II.2-5*).

Nas bacias paludificadas podem identificar-se distintas zonas hidrogeomórficas, nas quais o tipo de vegetação presente será função da morfologia, textura do substrato, regime e altura do nível freático, disponibilidade de nutrientes, etc. Cada uma dessas zonas ecofisiográficas, normalmente dispostas em bandas concêntricas, corresponde a estádios dinâmicos de desenvolvimento dessas bacias, podendo sofrer oscilações sazonais em função dos níveis de inundação. Quando ocorrem inundações prolongadas (subida significativa do nível das águas), o coberto vegetal regride para as margens, podendo afirmar-se que ocorreu uma regressão (do coberto vegetal) para estádios hidrosseriais anteriores (de maior espessura de coluna de água). Pelo contrário, a descida relativa do nível da água permite o avanço das plantas sobre a anterior zona inundada, conduzindo à deposição de turfas. Na *Tabela II.2-4* sintetiza-se a relação entre a profundidade da coluna de água, o tipo de vegetação e de sedimentação das quatro zonas (Límnica, Telmática, Semiterrestre e Terrestre) identificadas por QUEIROZ (1999), no litoral alentejano.

No litoral alentejano a região dunar caracteriza-se por apresentar ausência de rede de drenagem ou por apresentar rede de drenagem de baixa densidade, como consequência da elevada permeabilidade das formações plio-quadernárias existentes. Este tipo de drenagem, frequentemente de carácter endorreico, com fracos caudais, insuficientes para romper as barreiras arenosas vestibulares, é responsável pela relativa abundância de pantânos e turfeiras nesta região. Podem considerar-se três tipos principais de componentes contribuintes para o hidrossoma destes ambientes costeiros: a) pluvial; b) fluvial; e c) mareal. Pode assistir-se à variação da proporção de cada um destes componentes no corpo aquoso entre bacias hidrográficas ou mesmo ao longo da mesma bacia de montante a jusante. Numa representação triangular cujos vértices representem a influência máxima de cada componente, os interdunares húmidos vão posicionar-se mais próximos do vértice superior (maior influência pluvial), enquanto os ambientes lagunares vão apresentar um corpo aquoso com proporções variáveis de cada componente de montante a jusante, deslocando-se no triângulo do topo para a base inflectindo na zona vestibular na direcção de uma maior influência mareal (*Figura II.2-6*).

**Tabela II.2-1 - Características principais de ambientes interdunares húmidos do litoral português.**

Nome	Área molhada (km <sup>2</sup> )	Características	Complexo dunar onde se insere
1 Lagoa dos Teixoeiros	0,2 <sup>(a)</sup>	Lagoa de água doce <sup>(a)</sup>	Pertencem ao “sistema de lagoas dulçaquícolas de Quiaios-Bom Sucesso-Tocha” <sup>(b)</sup> e inserem-se no “Complexo Dunar de Quiaios-Tocha” <sup>(c) (d)</sup> , especificamente entre o complexo dunar recente (dunas transversais - a Oeste) e o complexo dunar Plistocénico de Gândara (a Este) <sup>(e)</sup> .
2 Lagoa Salgueira	0,14 <sup>(a)</sup>	Lagoa de água doce <sup>(b)</sup>	
3 Lagoa da Vela	0,7 <sup>(b)</sup>	Lagoa de água doce <sup>(b)</sup>	
4 Lagoa das Braças	0,29 <sup>(a)</sup>	Lagoa de água doce <sup>(a)</sup>	
5 Lagoa da Ervedeira	0,59-0,80 <sup>(a)</sup>	Lagoa de água doce (?)	“Complexo dunar da região de Leiria”
6 Lagoa Travessa	n.d	Sem afloramento expressivo do nível freático; existem valas artificiais de drenagem para “secagem dos terrenos” Sem afloramento expressivo do nível freático	“Complexo Dunar de Tróia”
7 Lagoa Formosa	n.d		
8 Lagoa dos Fuzis	n.d		
9 Poço do Barbaroxa de Baixo	0,033	Afloramento pouco significativo do nível freático, não ultrapassando a espessura do hidrossoma 50cm.	“Complexo Dunar Antigo de Monte Velho”
10 Poço do Barbaroxa do Meio	0,016	Afloramento pouco significativo do nível freático, não ultrapassando a espessura do hidrossoma 20cm.	
11 Poço do Barbaroxa de Cima	0,027	Afloramento pouco significativo do nível freático, não ultrapassando a espessura do hidrossoma 20cm.	
12 Poço do Pinheirinho	n.d	Sem afloramento expressivo do nível freático	
13 Poço da Garça	n.d	Sem afloramento expressivo do nível freático	
14 Lagoa da Sancha	0,12	Variação sazonal significativa da espessura do hidrossoma - períodos de completa ausência e períodos de inundação mas em que a espessura do hidrossoma não ultrapassa 1m.	

n.d. - não determinado; (a) FARINHA & TRINDADE (1994); (b) <http://www.figueira.net/patrimonio/natural/lagoadavela/>, consultado em 1/10/2006; (c) NOIVO & BERNARDES (1998); (d) ALMEIDA (1997); (e) DANIELSEN (2005).

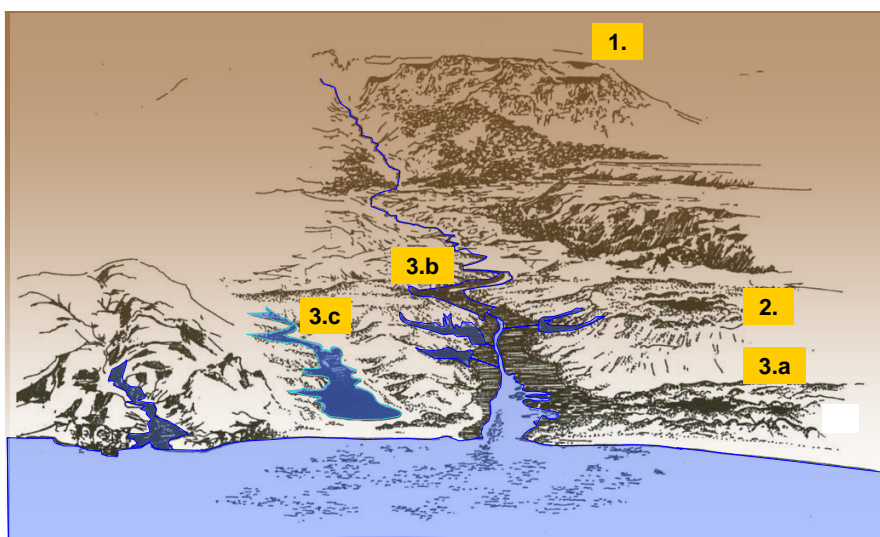
**Tabela II.2-2 - Referências bibliográficas de estudos de carácter biológico, geológico e ambiental efectuados nos ambientes interdunares húmidos (actuais) portugueses ordenados cronologicamente.**

Nome	Referências*
1 Lagoa dos Teixoeiros	GRANJA <i>et al.</i> (1996); ALMEIDA (1997); NOIVO & BERNARDES (1998).
2 Lagoa Salgueira	GRANJA <i>et al.</i> (1996); ALMEIDA (1997); NOIVO & BERNARDES (1998).
3 Lagoa da Vela	GRANJA <i>et al.</i> (1996); ALMEIDA (1997); NOIVO & BERNARDES (1998); DANIELSEN (2005).
4 Lagoa das Braças	ALMEIDA (1997); NOIVO & BERNARDES (1998); DANIELSEN (2005).
5 Lagoa da Ervedeira	ANDRÉ & CORDEIRO (1998); ANDRÉ <i>et al.</i> (1997).
6 Lagoa Travessa	MATEUS (1985); MATEUS (1989); GOMES (1992); MATEUS (1992); QUEIROZ (1999); QUEIROZ & MATEUS (2004).
7 Lagoa Formosa	GOMES (1992).
8 Lagoa dos Fuzis	GOMES (1992).
9 Poço do Barbaroxa de Baixo	GOMES (1992); QUEIROZ (1999); FERREIRA <i>et al.</i> (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2009b); (2010); FREITAS <i>et al.</i> (2015).
10 Poço do Barbaroxa do Meio	GOMES (1992); FERREIRA <i>et al.</i> (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2009b); CRUCES <i>et al.</i> (2010); FREITAS <i>et al.</i> (2015).
11 Poço do Barbaroxa de Cima	GOMES (1992); QUEIROZ (1999); QUEIROZ & MATEUS (2004); FERREIRA <i>et al.</i> (2006); GOMES (2007); CRUCES <i>et al.</i> (2009b, 2010), FREITAS <i>et al.</i> (2015).
12 Poço do Pinheirinho	GOMES (1992).
13 Poço da Garça	GOMES (1992).
14 Lagoa da Sancha	CARLSON & CARLSON (1988); ERENA (1988); BARBOSA & BERNARDO (1989); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1989c); SALDANHA & COL (1989); GOMES (1992); FARINHA e SILVA (1997); CANCELA DA FONSECA <i>et al.</i> (1999); CRUCES <i>et al.</i> (2004); FREITAS <i>et al.</i> (2004a); CRUCES <i>et al.</i> (2005b); CRUCES <i>et al.</i> (2005c); ERENA (2005); FERREIRA <i>et al.</i> (2005); CRUCES <i>et al.</i> (2006); FERREIRA (2006); CRUCES <i>et al.</i> (2009b, 2010); FREITAS <i>et al.</i> (2015).

\* Estudos efectuados no interdunar húmido ou no sistema dunar em que este se encontra inserido.

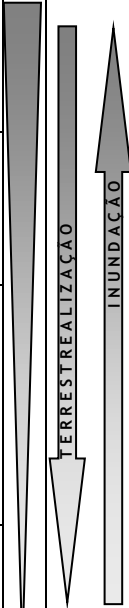
**Tabela II.2-3 - Tipos principais de turfeiras existentes em Portugal (QUEIROZ, 1999; QUEIROZ & MATEUS, 2004).**

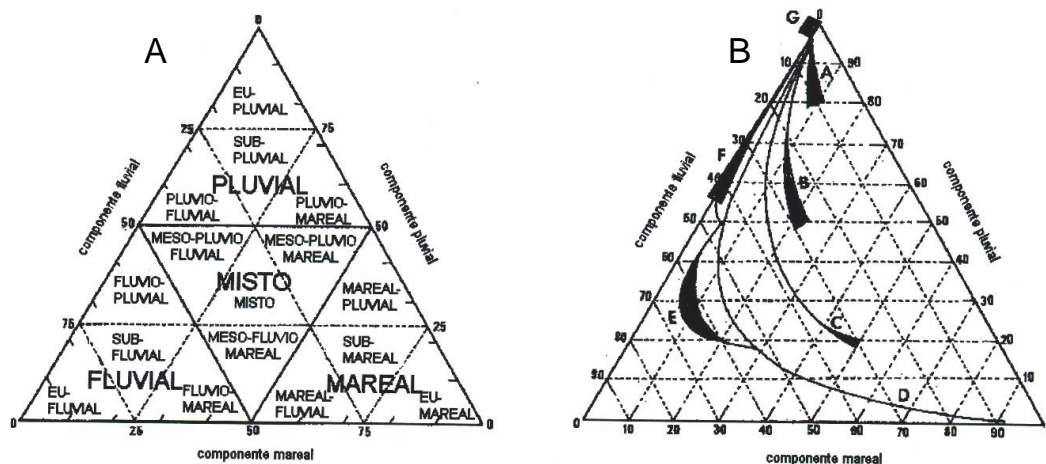
Tipo de turfeira		Descrição sumária do ambiente
1. Montanha		Ocorrem em altitudes superiores a 1000m, com elevada precipitação anual, ocupando depressões fechadas produzidas pela geomorfologia glacial e periglacial.
2. Interfluvial		Também consideradas de “planalto dunar” ocorrem nas plataformas plio/plistocénicas, fora da influência litoral directa. Têm origem em pequenas depressões interdunares não drenadas, de área reduzida, associadas a um aquífero dunar de origem pluvial.
3. Perimarinha	a. Costeira interdunar	Ocupam depressões interdunares pré-holocénicas, marginais aos sistemas fluviais, constituindo lagoas, de hidrologia doce ou oligohalina, que resultam da emergência local de um aquífero dunar litoral doce, de forma lenticular, que assenta sobre o aquífero salgado intrusivo. A componente pluvial é dominante nas características do corpo aquoso mas nas proximidades de sistemas fluviais pode ocorrer influxo de águas fluviais modificando as características do corpo aquoso ou efluxo para o sistema fluvial podendo conduzir à salinização dos interdunares por percolação de água salgada através do cordão dunar, como consequência da diminuição da espessura do aquífero costeiro de água doce.
	b. Fluvial adjacente	Ocupam bacias fluviais em regime de fraco hidrodinamismo em regiões protegidas da influência directa dos canais principais de escoamento, sendo frequentes na zona de confluência dos vales principais com tributários de fraco caudal. Para além da componente pluvial, a fluvial com origem na escorrência torna-se aqui dominante, sentido-se uma crescente influência mareal com a maior proximidade à região vestibular.
	c. Vestibular	Ocorrem associadas a lagunas endorreicas isoladas do mar pela presença de barreiras arenosas.

**Figura II.2-5:**

1 - Turfeiras de montanha em altitudes superiores a 1000 m;  
 2 - Turfeiras interfluviais, nas plataformas arenosas aplanadas;  
 3 - Turfeiras perimarinhas:  
 3.a) Turfeiras interdunares, nas depressões arenosas costeiras;  
 3.b) Turfeiras fluviais adjacentes, nas zonas protegidas dos sistemas fluviais;  
 3.c) Turfeiras vestibulares, associadas a sistemas fluvio-lagunares endorreicos  
 (adaptado de QUEIROZ, 1999).

**Tabela II.2-4 - Relação entre a profundidade da coluna de água, o tipo de sedimento, de sedimentação e vegetação nas quatro zonas de sucessão da vegetação definidas por QUEIROZ (1999).**

ZONA	Correspondência com a zonation e terminologia lacustre de WETZEL, 1993	Profundidade da coluna de água	Evento	Tipo de Sedimento	Tipo de sedimentação	Tipo de Vegetação	Termo anglosaxónico correspondente
LÍMNICA	Litoriprofunda e Infralitoral inferior	Zonas de águas profundas, superiores a 1m		Lodo orgânico	Línica com origem essencialmente alóctone, ocorrendo debaixo de água, correspondendo à deposição de partículas orgânicas e inorgânicas transportadas e suspensas nas águas	Plantas aquáticas, flutuantes ou enraizadas no fundo	“open water stage”, “pools”
TELMÁTICA	Infralitoral média e superior	Zona de alagamento franco, com profundidade de água entre alguns decímetros a cerca de 1m		Lodoso Lodo turfoso	Parcialmente alóctone, de materiais transportados pela água Parcialmente autóctone, correspondendo aos restos de vegetação local	Plantas enraizadas sob o nível da água	“swamp”
SEMITERRESTRE	Eulitoral inferior	Zona de alagamento moderado, com o nível de água pouco acima ou ao nível do solo, frequentemente sujeita a significativas oscilações sazonais		Turfa lodosa	Semiterrestre, autóctone	Plantas enraizadas sob o nível da água	“fen”
TERRESTRE	Eulitoral superior	Zona permanentemente húmida, com o nível freático abaixo do solo		Turfa	Terrestre, autóctone, com origem na vegetação local	Plantas enraizadas acima ou ao nível da água	“moors”, “carrs”



**Figura II.2-6 - Representação triangular esquemática da classificação das bacias costeiras, de acordo com a influência dos diferentes componentes nos corpos aquosos (adaptado de QUEIROZ & MATEUS, 2004).**

A - Domínios e subdomínios hidrogenéticos;

B - Exemplos de sete tipos de bacias costeiras onde se considera o tempo de residência das águas na bacia (representado pela espessura do traço: A) pequeno curso de água endorreico, com alguma influência salobra no sector vestibular; B) ribeira endorreica com pequena laguna vestibular salobra; C) ribeira endorreica com abertura sazonal do cordão vestibular; D) rio ou ribeira com comunicação com o mar (sem paludificação); E) sector marginal paludificado da ribeira D, protegido do fluxo do canal principal; F) curso de água endorreico, tributário de D; G) lagoa pluvial de interflúvio.

## **CAPÍTULO III**

---

**ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR DURANTE O QUATERNÁRIO  
NO LITORAL PORTUGUÊS**





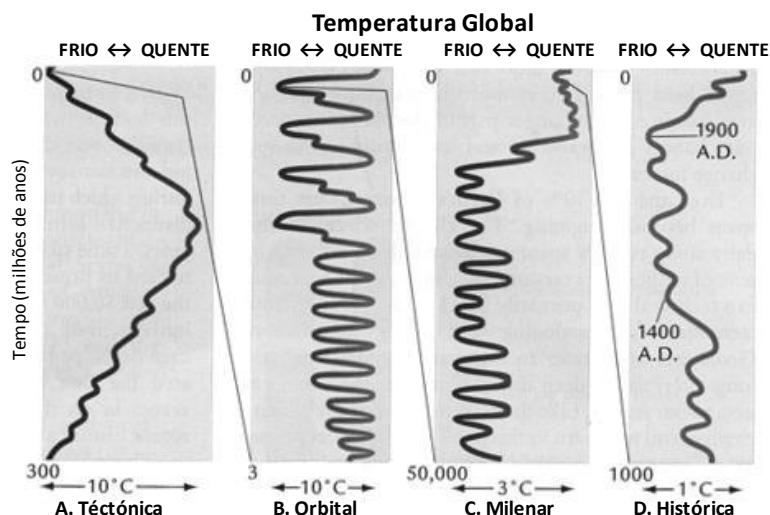
Vista aérea para sul das Lagoas de Melides e de Santo André.  
© J.Boeiro - 4/5/2006

Ao longo dos tempos geológicos o nosso planeta sofreu alterações climáticas cujas oscilações podem apresentar periodicidade a diferentes escalas temporais (**Figura III.1**), podendo denominar-se da mais longa para a mais curta de, Variabilidade Climática de Ordem (RUDDIMAN, 2001):

- “Tectónica” - oscilações de grande amplitude dos últimos 300 milhões de anos;
- “Orbital” - variações de menor amplitude que as anteriores (ciclos aproximadamente de 23 000, 41 000 e 100 000 anos) ocorridas nos últimos 3 milhões de anos;
- “Milenar” - variações com intervalos milenares, melhor conhecidas nos últimos 50 000 anos;
- “Histórica” - oscilações climáticas de pequena amplitude registadas nos últimos 1000 anos.

A progressão das distintas escalas temporais desde a de maior amplitude até à de menor implica que as pequenas (curta duração) e rápidas oscilações climáticas se vão impor nas oscilações de maior amplitude.

A presente dissertação apresenta resultados que se inserem no intervalo considerado para as oscilações climáticas de ordem Milenar e Histórica, e com as quais devem ser comparados. Deste modo, não será desenvolvido o tema das oscilações de Ordem Tectónica, não nos alongaremos na descrição das oscilações de Ordem Orbital, enquanto as duas últimas serão muito mais pormenorizadas.



**Figura III-1** - Alterações climáticas do Planeta Terra nas distintas escalas temporais. Variabilidade climática de: A - “Ordem Tectónica”; B - “Ordem Orbital”; C - “Ordem Milenar”; D - “Ordem Histórica”. (adaptada de RUDDIMAN, 2001).

### III.1 Alterações climáticas de “ordem orbital”

Os diferentes parâmetros astronómicos do planeta Terra (excentricidade, obliquidade e precessão), factores externos que controlam a distribuição sazonal e latitudinal da energia proveniente do sol (radiação solar), têm induzido ao longo da história do nosso planeta alterações climáticas. Esta hipótese foi inicialmente colocada por Milankovitch, no início do século XX (anos 30), que verificou que a sucessão de eventos frios e quentes (glaciações e interglaciações) apresentava uma ciclicidade que correspondia à dos principais parâmetros astronómicos do nosso planeta (BROECKER & DENTON, 1989):

- Excentricidade - a forma da órbita terrestre à volta do sol tem variado ao longo do tempo, por vezes apresenta-se mais circular (excentricidade =  $\varepsilon$  = 0,005), enquanto noutros períodos se torna

mais elíptica (ou “excêntrica”,  $\varepsilon = 0,0607$ ), sendo estas variações de longo termo cíclicas com intervalos entre 100 000 anos e 413 000 anos (RUDDIMAN, 2001).

- Obliquidade - corresponde à inclinação do eixo terrestre relativamente à perpendicular ao plano da sua órbita, sendo actualmente de  $23,5^\circ$ . No entanto, ao longo do tempo esta inclinação tem variado entre  $22,2^\circ$  e  $24,5^\circ$ , com consequências principalmente na quantidade de radiação solar sazonal recebida na Terra nas altas latitudes, amplificando ou reduzindo as diferenças entre estações. Esta oscilação de longo termo apresenta uma periodicidade de 41 000 anos.
- Precessão - corresponde à conjugação da precessão axial e de elipse, induz a variação dos solstícios e equinócios ao longo da órbita terrestre completando uma volta de  $360^\circ$  a cada 23 000 anos.

Os padrões cíclicos destes parâmetros astronómicos foram observados como resposta do sistema climático a estes factores forçadores externos. Foram registados temporalmente padrões idênticos (RUDDIMAN, 2001):

- na variação da intensidade das monções africanas e asiáticas de baixa latitude;
- na variação do tamanho das calotes polares do hemisfério norte;
- nas oscilações climáticas das altas latitudes entre períodos frios/secos e quentes/húmidos;
- nos padrões de circulação profunda do oceano;
- na variação das concentrações dos gases importantes no efeito de estufa ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ).

Estas oscilações estão melhor conhecidas e datadas nos registos geológicos dos últimos milhões de anos, principalmente nos últimos 3 milhões de anos, quando os continentes e os oceanos se posicionaram próximo das posições geográficas que actualmente ocupam, permitindo o aparecimento e crescimento das calotes polares (RUDDIMAN, 2001).

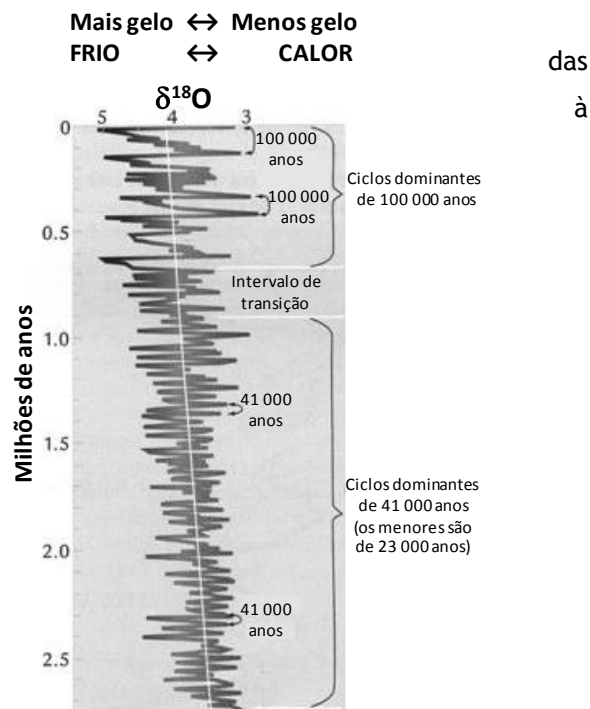
Os sedimentos oceânicos são um dos testemunhos que dão aos cientistas a oportunidade de estudar a relação causa-efeito em que as oscilações orbitais funcionam como factor forçador do clima terrestre. Após uma fase de pré-glaciação (sem presença importante de calotes polares), inicia-se há 2,75 milhões de anos a ciclicidade do crescimento/degelos das calotes polares, onde as oscilações de 41 000 e 23 000 anos são efectivamente as mais dominantes marcando o clima terrestre até acerca de 900 000 anos. É efectivamente a partir deste momento que a periodicidade de 100 000 anos começa a ser mais vincada (*Figura III.1-1*).

A primeira evidência que relaciona as oscilações climáticas da Terra com as variações de ordem orbital é proveniente de resultados isotópicos de oxigénio ( $\delta^{18}\text{O}$ ) de carapaças de foraminíferos de sedimentos marinhos profundos, tendo sido inicialmente sugerida em 1955 por EMILIANI e posteriormente confirmada por outros autores (BROECKER *et al.*, 1985; BROECKER & DENTON, 1989, 1990). Nestes registos marinhos é possível verificar que os eventos cíclicos de 100 000 anos têm uma forma assimétrica:

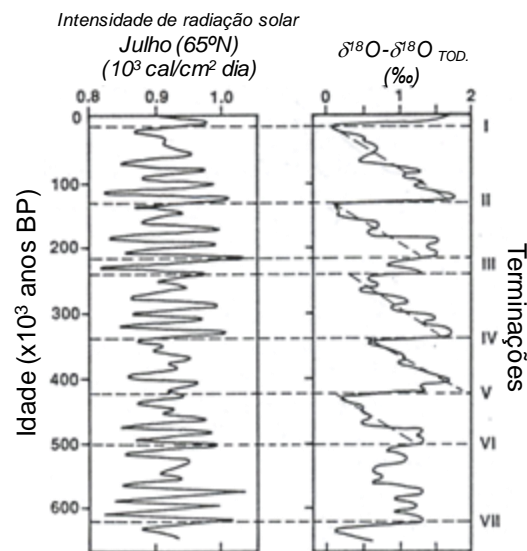


- A tendência gradual que indica um progressivo aumento do  $\delta^{18}\text{O}$ , corresponde ao enriquecimento deste isótopo nas águas marinhas, como consequência do transporte preferencial do isótopo “leve” ( $^{16}\text{O}$ ) para as calotes glaciárias à medida que o seu crescimento progredia (intervalos glaciários), ficando o gelo aí armazenado empobrecido no isótopo “pesado” de oxigénio ( $^{18}\text{O}$ );
- A esta tendência progressiva segue-se outra abrupta mas de sinal contrário (terminações idades do gelo - **Figura III.1-2**), onde se assiste acentuada diminuição do  $\delta^{18}\text{O}$  como consequência da entrada de grandes quantidades de  $^{16}\text{O}$  no sistema marinho como consequência do degelo (intervalos interglaciários).

**Figura III.1-1** - Evidências das fases de gelo/degelo das calotes polares e da temperatura da água marinha profunda através da composição isotópica de  $\delta^{18}\text{O}$  em carapaças de foraminíferos marinhos bentónicos num testemunho de sondagem obtido no Atlântico norte que abrange os últimos 3 milhões de anos. Note-se a tendência climática evidenciada pela linha branca que mostra um arrefecimento gradual de longo termo para a actualidade, mostrando que as oscilações de ordem orbital se sobrepõem a uma outra de maior escala (adaptada de RUDDIMAN, 2001).



**Figura III.1-2** - A - Variação da radiação solar na latitude 65°N durante o mês de Julho nos últimos 650 000 anos; B - composição isotópica de foraminíferos marinhos para o mesmo intervalo temporal. As linhas horizontais a tracejado marcam as terminações dos períodos glaciários e em consequência o início de períodos interglaciários. As linhas a tracejado na diagonal marcam o período de gradual acumulação de gelo (adaptada de BROECKER & DENTON, 1989).

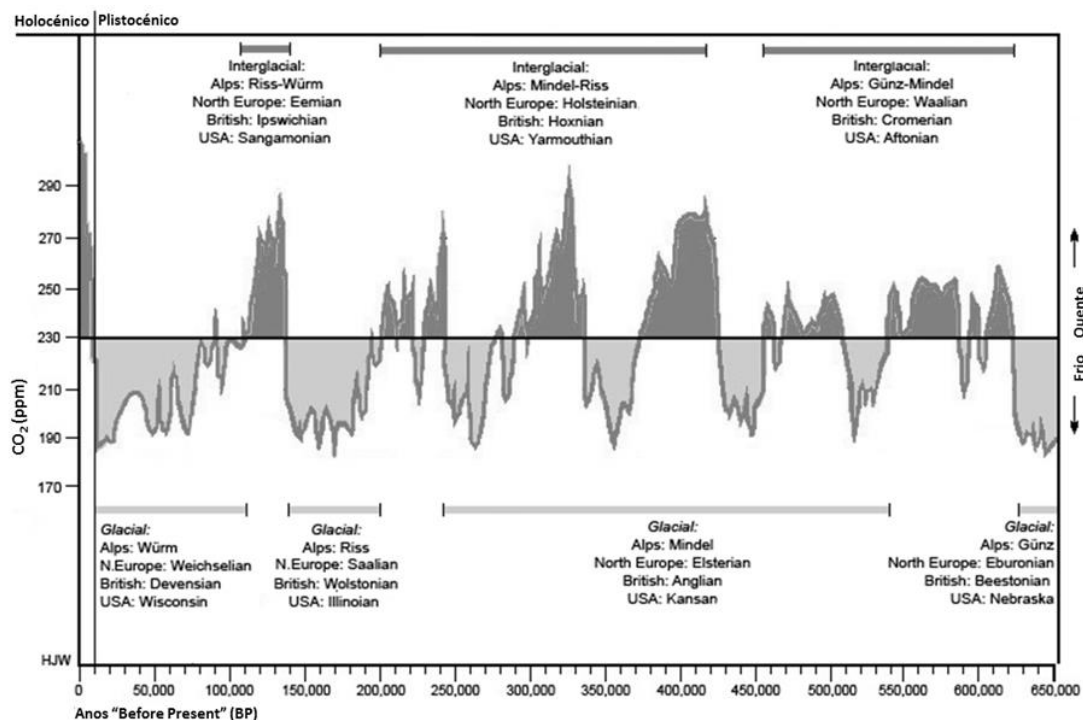


Por definição, o interglaciário corresponde ao intervalo temporal geológico onde as principais características atmosféricas e de circulação do oceano se aproximam das actuais, conduzindo a um clima global tão ou mais quente que o registado durante o Holocénico (actual período interglaciário) (FAIRBRIDGE, 1972, *in* KUKLA *et al.*, 2002). Muitas vezes é referido erradamente o termo Eemiano como sinónimo do último interglaciário, no entanto os seus significados divergem grandemente (KUKLA *et al.*, 2002). Segundo estes autores o Eemiano foi originalmente identificado e definido, em ambiente continental na Holanda (**Tabela III.1-1, Figura III.1-3**), por HARTING em 1874 com base em depósitos

marinhos. Mais recentemente, em 2000, um registo sedimentar mais completo, estudado com recurso a múltiplos “proxies”, serviu de base para melhor caracterizar o Eemiano. Deste modo, o termo Eemiano tem conotação cronoestratigráfica. Actualmente, o Eemiano é interpretado como o intervalo de melhoria climática associado à expansão das florestas de clima temperado para áreas que actualmente apresentam uma vegetação semelhante, onde o máximo eustático do nível médio do mar foi próximo ou superior ao actual e onde no auge climático as condições foram tão ou mais quentes que as actuais. Deste modo, o Eemiano corresponde ao anterior evento representativo de melhoria climática no continente, que se pode correlacionar com o último interglaciário definido com base em outro tipo de registos geológicos.

**Tabela III.1-1 - Estratigrafia do Quaternário no hemisfério norte baseada em evidências continentais (mantendo a terminologia inglesa - retirada de LOWE & WALKER, 1999).**

Tempo	Ma BP	Eventos	Períodos marinhos	NW Europa	Holanda	Ilhas Britânicas	Rússia Europeia	Alpes	América do Norte	Frio	Temperado	
0.01	1			Holocene	Holocene	Flandrian	Holocene	Holocene	Holocene	■	■	
0.08	2-4d			Weichselian	Weichselian	Devensian	Devensian	Würm	Wisconsinian	■	■	
0.13	5e			Eemian	Eemian	Ipswichian	Mikulino	Riss-Würm	Sangamon	■	■	
0.19	6			Warthe			Moscow	Dniepr Glaciation	Penultimate Glacial Late Riss ?	Late	■	
0.25	7			Saale/Drenthe		"Wolstonian"	Odintsovo				Illinoian	■
0.30	8			Drenthe			Dneipr			Antepenultimate glac. Early Riss / Mindel ?	Early	■
0.34	9	Domnitz [Wacken]	Holsteinian Interglacial				Romny				■	
0.35	10	Fuhne [Mehleck]				Hoxnian	Pronya	Pre-Riss ?	Pre-Illinoian A		■	
0.43	11	Holsteinian [Muldsberg]					Lichvin				■	
0.48	12	Elster 1			Anglian			Late Mindel ? / Donau	B	■	■	
0.51	13	Elster 1/2		Elster			Oka			■	■	
0.56	14	Elster 1			Cromerian			Early Mindel ? / Donau	C	■	■	
0.63	15	Cromerian IV		Cromerian IV [Noordbergum]							■	
0.69	16	Glacial C							D	■	■	
0.72	17	Interglacial III		Interglacial III [Rosmalen]							■	
0.78	18	Glacial B		Glacial B					E	■	■	
0.79	19	Interglacial II		Interglacial II [Westerhoven]							■	
	20	Helme [Glacial A]		Glacial A							■	
	21	Astern Interglacial I		Interglacial I [Waardenburg]				Early Günz ?	F	■	■	
0.90	22				Dorst						■	
0.97				Bavelian	Leerdam				G	■	■	
					Linge						■	
					Bavel						■	
				Menapian							■	
				Waalian							■	
				Eburonian					H	■	■	
1.65											■	
					Beestonian				I	■	■	
											■	
				Tiglian	C5-6	Pastonian					■	
					C-4c	Pre-Pastonian/ Baventian					■	
					Cl-4b	Bramertonian/ Antian					■	
					B	Thurnian			J	■	■	
					A	Ludhamian					■	
2.60	103			Praetigian	Pre-Ludhamian						■	
	104			Pliocene	Pliocene						■	



**Figura III.1-3** - Comparação da nomenclatura atribuída para os diferentes ciclos glaciais e interglaciais estabelecidos nos Alpes, no Norte da Europa, em Inglaterra e nos Estados Unidos da América, para os últimos 650 mil anos (adaptado de <sup>1</sup>). Optou-se por deixar as referências em inglês para facilitar a comparação com a Tabela III.1-1.

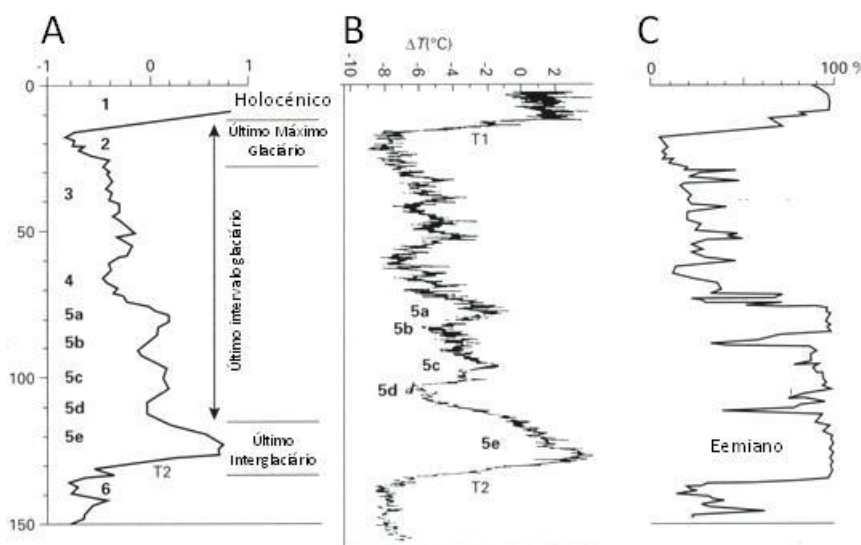
Dependendo do registo utilizado, o intervalo temporal associado ao máximo do último interglaciário tem limites um pouco diferentes (**Figura III.1-4**), podendo citar-se, a título de exemplo os seguintes intervalos (KUKLA *et al.*, 2002):

- Sondagens marinhas - nestes registos o último interglaciário corresponde ao MIS 5e (MIS - Marine Isotopic Stage - **Figura III.1-4A**), com duração entre 130 000 e 116 000 anos BP;
- Corais - a variação do nível médio do mar inferida através deste tipo de registos indica que o nível do mar atingiu cotas próximas das actuais ou superiores há ca. 130 000 anos, continuando alto até há ca. 115 000 anos, correspondendo este intervalo aproximadamente à duração do MIS 5e;
- Sondagens no gelo - a sondagem Vostok (Antártida) na sua sequência que engloba os últimos 420 000 anos, contém o registo completo do último interglaciário que se inicia entre 130 000 - 127 000 anos e termina há ca. 115 000 - 117 000 anos (**Figura III.1-4B e Figura III.1-5**);
- Registos polínicos em sedimentos lacustres - estima-se que a vegetação típica do período Eemiano em Portugal e na Grécia se manteve entre os 127 000 - 126 000 anos até ca. 107 000 - 110 000 anos. A partir dos 115 000 - 118 000 anos nota-se já uma tendência para uma

<sup>1</sup> Dans l'ère du temps. Le cas du CO<sub>2</sub> dans l'interglaciaire holocène et les cycles du climat - I (disponível em: <http://danslredutemps.blogspot.pt/2013/01/le-cas-du-co2-dans-linterglaciaire.html>, consultado em 20/10/2015).

redução do coberto florestal, mas as condições interglaciárias persistem no sul da Europa até ca. 110 000 anos.

Ao episódio quente Eemiano definido na Holanda corresponde o intervalo glaciário Riss-Würm identificado nos Alpes, ao qual se seguiu o último período glaciário aí denominado de Würm, que corresponde ao intervalo frio Wechseliano, considerado para o NW da Europa e para a Holanda (**Tabela III.1-1**). Face à variabilidade de registos que têm sido utilizados para a avaliação das variações climáticas da Terra, existem tentativas de correlacionar os resultados; a **Tabela III.1-1** contém as correlações dos eventos climáticos definidos no continente com os encontrados no registo oceânico, revelando este último uma maior resolução que o primeiro.

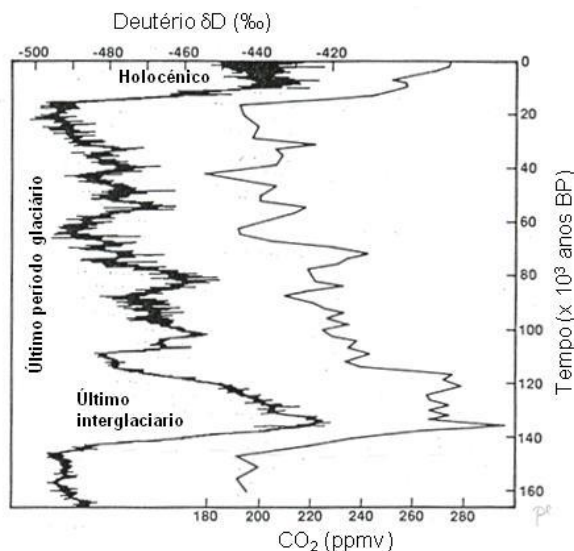


**Figura III.1-4 -**

A - Variações isotópicas de oxigénio em registo marinho. A numeração de 1 a 5 corresponde aos Estádios Isotópicos Marinhos (MIS - Marine Isotopic Stages);

B - Curva da variação da temperatura com base em dados isotópicos da sondagem de gelo Vostok (Antárctida). T1 e T2 correspondem às terminações 1 e 2, respectivamente;

C - variação polínica de espécies arbóreas de La Grand Pile em Vosges - França (figura adaptada de LOWE & WALKER, 1999).



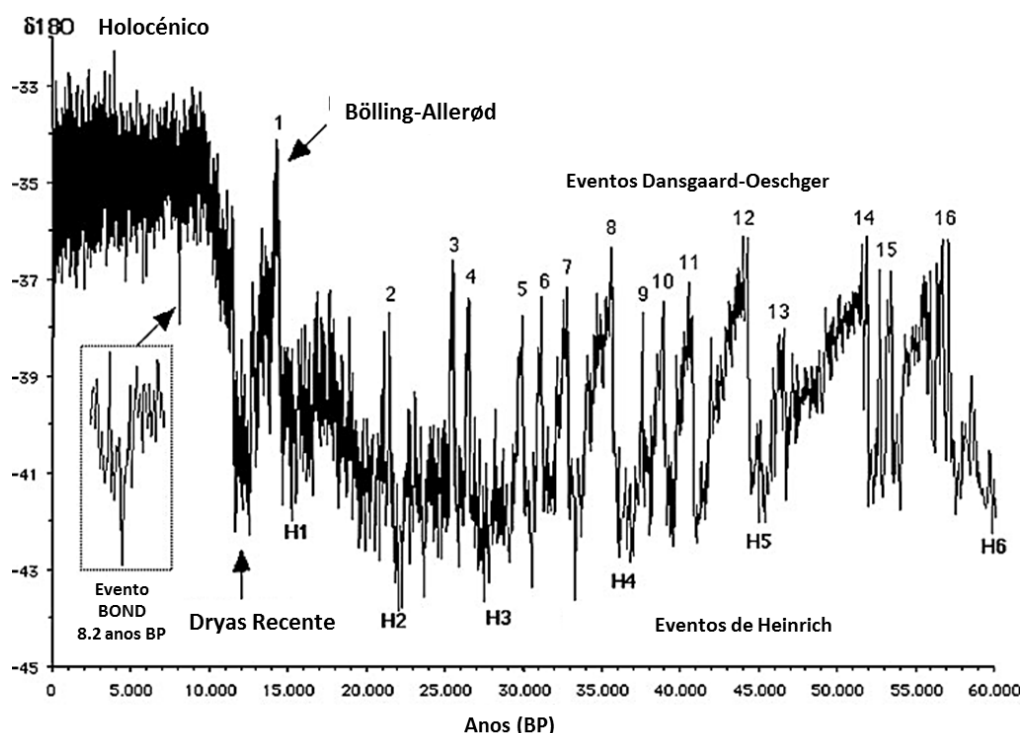
**Figura III.1-5 -** Registo isotópico e de CO<sub>2</sub> na sondagem Vostok na Antárctida (adaptado de BROECKER & DENTON, 1989).

## III.2 Alterações climáticas de “ordem milenar”

Sobrepondo-se às oscilações de longo-termo (ciclos de “ordem orbital” - períodos glaciares/interglaciares) existem outras de menor amplitude que ocorrem em intervalos de milhares de anos, denominando-se de oscilações milenares (estadiais/interestadiais) em detrimento de ciclos. Estas encontram-se melhor estudadas durante os períodos glaciários, principalmente durante o último.

### III.2.1 A ÚLTIMA GLACIAÇÃO

Após o último período interglaciário, o clima no planeta apresenta tendência para um arrefecimento contínuo mas não linear. Efectivamente, o último período glaciário é marcado por uma série de oscilações onde se registam episódios de arrefecimento gradual (eventos estadiais - frios) aos quais se seguem episódios de aquecimento abrupto (eventos interestadiais - quentes). Estas alternâncias foram identificadas inicialmente no registo isotópico de oxigénio ( $\delta^{18}\text{O}$ ) do gelo das sondagens efectuadas na Gronelândia (DANSGAARD *et al.*, 1993; BROECKER, 2000), sendo referidas como oscilações Dansgaard-Oeschger (“D-O events” - **Figura III.2-1**) (STAUFFER *et al.*, 1998; RUDDIMAN, 2001). A maior parte destas oscilações apresentava um intervalo temporal de 2000 a 3000 anos, existindo algumas com 5000 anos. No entanto, mais recentemente, em registos de maior resolução, foram observadas oscilações de cerca de 1500 anos (BOND *et al.*, 1997, 1999; RUDDIMAN, 2001).



**Figura III.2-1** - Variações isotópicas de  $^{18}\text{O}$  na sondagem GRIP na Gronelândia, onde são visíveis várias oscilações climáticas nos últimos 60 000 anos: ciclos Dansgaard-Oeschger, eventos de Heinrich, períodos Bölling-Allerød, Dryas Recente, o evento de BOND 8.2 e o Holocénico (adaptado de DEBRET, 2008).

Alternâncias milenares foram igualmente observadas nos sedimentos marinhos do Atlântico Norte (BOND *et al.*, 1993, 1997), onde os eventos frios se encontravam particularmente bem representados, nas regiões com elevadas taxas de sedimentação (10-20 cm/1000 anos). Nos registos sedimentares, os episódios frios correspondiam a segmentos de “barren zones”, ou seja, zonas onde os sedimentos estavam depauperados em cocólitos e foraminíferos típicos dos intervalos de condições climáticas mais quentes. Por outro lado, eram enriquecidos em materiais detríticos grosseiros designados por IRD (Ice Rafted Detritus). No entanto, nem todas as sequências de tendência fria (episódios estadiais) culminavam em IRD's, mas algumas delas bastante enriquecidas nesse componente, foram considerados episódios mais extremos passando a ser conhecidos por eventos de Heinrich (**Figura III.2-1**). Estes eventos extremos apresentavam uma periodicidade de 5000 a 15 000 anos (RUDDIMAN, 2001).

As oscilações de pequena amplitude anteriormente descritas e observadas quer nos registos das sondagens efectuadas nas calotes glaciárias, quer nos sedimentos marinhos, foram igualmente identificadas em registos de turfeiras e sedimentos lacustres.

A teoria de Milankovitch, amplamente aceite, e que imputa responsabilidades aos parâmetros astronómicos do nosso planeta para as oscilações de longo-termo (“ordem orbital”), não consegue justificar estas oscilações milenares, como resposta linear do sistema climático às variações astronómicas lentas da insolação. BROCKER & DENTON (1989) sugeriram que a justificação para estas rápidas flutuações climáticas pode ser encontrada nas alternâncias das características da circulação oceânica e da forma como esta transporta e distribui calor para as altas latitudes. Efectivamente, actualmente, a corrente oceânica norte atlântica (termohaline current) transporta calor para a Europa do norte, contribuindo para condições climáticas mais amenas (eventos interestadiais) que caracterizam o clima actual. No entanto, nos períodos em que esta corrente abranda ou pára, assiste-se a um considerável arrefecimento da região do Atlântico Norte e das regiões próximas, entrando-se num período glaciário (estadial).

No último período glaciário foram atingidas as condições mais extremas entre 25 000 e 18 000 anos BP (ROBERTS, 2002), considerando-se que o Último Máximo Glaciário ocorreu há cerca de 21 000 anos BP (RUDDIMAN, 2001). Nesse período, águas frias superficiais ocupavam amplas áreas do Atlântico Norte, posicionando-se a frente polar oceânica próximo do Norte de Portugal à latitude de 40°N (BELL & WALKER, 1992). Nos anos 70 o grupo de trabalho do projecto CLIPMAP (Climate Long-range Investigation, Mapping and Prediction) publicou o primeiro mapa da Idade do Gelo, com posterior revisão em 1981, onde colocam em evidência que durante o Último Máximo Glaciário os glaciares cobriam 35 milhões de quilómetros quadrados, o que equivale a dizer 7% da superfície total da Terra e 25% de área continental (RUDDIMAN, 2001). Nas frentes dos glaciares ficam expostos os materiais líticos por estes transportados, que sob a acção dos agentes climáticos, face ao reduzido/ausente coberto vegetal são transportados pelos fortes ventos, que movimentam preferencialmente as partículas mais finas. Estas são depositadas a jusante do sentido do vento, formando depósitos de *loess* progressivamente menos espessos à medida que nos afastamos da área fonte das partículas siltíticas. Os padrões de transporte encontrados nos depósitos de *loess* deste período sugerem que o vento actuava principalmente do quadrante WNW para ESE, quer na América do Norte, quer na Europa (PYE, 1984, *in* RUDDIMAN, 2001). O vento é ainda responsável pelo transporte de partículas de menores dimensões (argilas) para distâncias superiores, sendo estas poeiras



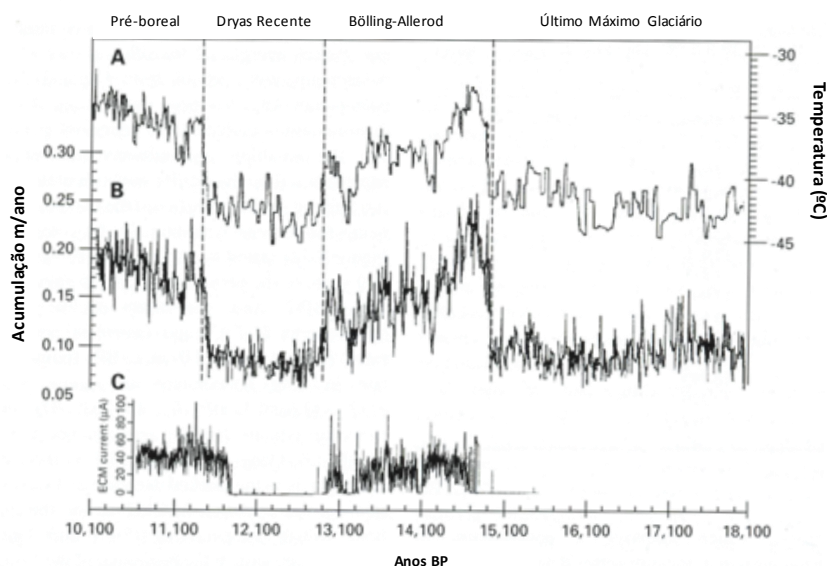
detectadas, por exemplo, em sondagens efectuadas no gelo da Gronelândia, onde se registam concentrações dez vezes superiores durante os períodos frios comparativamente com os interglaciários. O transporte de poeiras pode ainda ter como área fonte as regiões desérticas e semi-desérticas, que apresentavam maior extensão durante o Último Máximo Glaciário, potenciada pelas condições mais secas e ventos fortes contemporâneos (SARNTHEIN, 1978, *in* RUDDIMAN, 2001).

### III.2.2 A DEGLACIAÇÃO - O TARDIGLACIÁRIO.

O Plistocénico final é marcado pela fase de transição entre o último período glaciário, cujo seu máximo foi há 21 000 anos BP e o actual interglaciário - Holocénico (LGIT- Last Glacial-Interglacial Transition, LOWE & WALKER, 1999). Esta fase corresponde, no registo marinho, à passagem do MIS 2 para o MIS1 (Terminação I - *Figura III.1-4, Figura III.1-5*), sendo considerada como o período da DEGLACIAÇÃO, também conhecida por TARDIGLACIÁRIO (Lateglacial), ocorrida entre os últimos 15 000 anos (18 000 anos cal BP) e o início do Holocénico, há 10 000 anos BP (11 500 anos cal BP).

As condições climáticas mais quentes que se começaram a fazer sentir foram precursoras do degelo das calotes polares, iniciando-se a deglaciação, que introduziu enormes volumes de água nos oceanos e consequentemente impulsionou a subida do nível médio do mar.

Embora assinala a transição para condições climáticas mais quentes, a evolução do Tardiglaciário não ocorreu, mais uma vez, de forma linear, sendo marcado por uma série de oscilações climáticas complexas e abruptas, de pequena amplitude (*Figura III.2-2*).



**Figura III.2-2** - Três indicadores utilizados na caracterização da última transição glacial-interglacial obtidos na sondagem do gelo GISP2:  
A - valores  $\delta^{18}\text{O}$  convertidos em temperatura;  
B - taxa de acumulação de neve (médias/10 anos);  
C - medidas da condutividade eléctrica do gelo que reflecte as variações da concentração de poeiras atmosféricas (adaptado de LOWE & WALKER, 1999).

Estas oscilações climáticas foram detectadas em sequências polínicas continentais no norte da Europa, tendo sido identificados cinco eventos climáticos sucessivos (*Tabela III.2-1*). Nas latitudes médias do Atlântico Norte, nomeadamente na Península Ibérica, apenas foram detectados três episódios (PONS & REILLE, 1998\*; de BEAULIEU *et al.*, 1994\*; PENALBA *et al.*, 1997\*; VON ENGELBRECHTEN, 1998\* - \* *in* NAUGHTON, 2007), do mais recente para o mais antigo:

- Younger Dryas (Dryas Recente) - evento frio (11 500 - 13 000 cal BP, ROBERTS, 2002);
- Bölling-Allerød (Allerød) - evento quente (13 000 - 15 000 cal BP, ROBERTS, 2002);
- Older Dryas (Dryas Antigo) - evento frio, entre os episódios Bölling e Allerød.

**Tabela III.2-1 - Estratigrafia do Tardiglaciário no norte da Europa (ROBERTS, 2002).**

Anos (cal BP)	Evento climático	Clima
11 500 - 13 000	“Younger Dryas” - DRYAS RECENTE	Frio, pequeno retrocesso a condições glaciárias
13 000 - 15 000	“Allerød” - ALLERØD	Moderadamente quente
	“Older Dryas” - DRYAS ANTIGO	Frio
	“Bölling” - BÖLLING	Quente
15 000 - 18 000	“Oldest Dryas” - DRYAS MAIS ANTIGO	Frio

Estudos polínicos efectuados na Lagoa do Golfo, na Península de Setúbal, por QUEIROZ (1999) indicam que a partir de 14 000 anos BP (~16 700 anos cal BP) se assiste à paludificação deste ambiente, talvez em resposta à instalação de um clima mais húmido. Nesta fase a cobertura vegetal sugere a ocorrência de um clima frio/temperado (**Tabela III.2-4**), que a autora interpreta como correspondendo ao evento Bölling. Posteriormente (13 300 - 12 000 anos BP; 15 800 - 13 900 cal BP), assiste-se à redução do coberto vegetal em toda a região, juntamente com a redução ou desaparecimento dos *taxa* termófilos, um decréscimo da diversidade taxonómica e vegetacional e erosão de solos, que correspondem à instalação de uma fase de características climáticas mais frias que a anterior - Dryas Antigo. A recuperação climática que se segue no registo polínico (12 000 - 11 000 anos BP; 13 900 - 13 000 cal BP) é atribuída ao evento Allerød, quando se atingiram na Europa temperaturas médias idênticas às actuais, tendo-se caracterizado a planície litoral alentejana pela expansão do pinheiro bravo, da floresta decídua, da lande atlântica temperada-fria, ressurgindo os *taxa* termófilos e assistindo-se ao aumento da biodiversidade regional. Segue-se um novo período frio (11 000 - 10 000 anos BP; 13 000 - 11 700 anos cal BP) com características idênticas às registadas no anterior período frio, atribuindo a autora este intervalo temporal à deterioração climática do Dryas Recente.

Ainda em ambiente continental, a forte instabilidade climática do Plistocénico final foi igualmente registada no continente Africano, onde por exemplo as flutuações dos níveis da água dos ambientes lacustres revelaram acentuada subida do nível após os 15 000 cal BP, seguida de uma queda há ca. de 13 000 cal BP. Estes baixos níveis das águas lacustres nos trópicos reflectem condições áridas, contemporâneas do mesmo distúrbio climático que produziu o evento DRYAS RECENTE no norte da Europa entre 13 000 e os 11 500 cal BP (STREET-PERROT & ROBERTS, 1983\*; ROBERTS *et al.*, 1993\* - *in* ROBERTS, 2002).

As variações climáticas associadas ao tardiglaciário foram igualmente observadas nos registos das sondagens de gelo na Gronelândia (DANSGAARD *et al.*, 1993), bem como em várias sequências de sedimentos marinhos recolhidos no Atlântico Norte (BOND *et al.*, 1993). Efectivamente, aí o início do tardiglaciário é marcado pela melhoria significativa das condições climáticas, que se aproximam das condições registadas actualmente e que persistiram cerca de 2000 anos (evento Bölling-Allerød).



No entanto, abruptamente, o Atlântico norte e as regiões vizinhas sofrem um retrocesso a condições frias (evento Dryas Recente), voltando-se a instalar condições climáticas semelhantes às registadas durante o último período glaciário (**Figura III.2-2**). De acordo com BROECKER (2000), a distribuição geográfica dos impactos sentidos durante o Dryas Recente sugere que o sistema Oceano-Atmosfera não retrocedeu plenamente às condições glaciárias, cingindo-se a alterações climáticas menos globais como consequência de modificações na dinâmica do Atlântico. Efectivamente, a introdução de enormes quantidades de água doce associadas a esse período, retardou ou chegou mesmo a bloquear a formação da massa de água profunda do Atlântico Norte (NADW - North Atlantic Deep Water) e como consequência o padrão de circulação termohalina do Atlântico modificou-se. Em consequência, o transporte de calor efectuado pela corrente oceânica para as latitudes mais elevadas cessou e as zonas do norte da Europa regressaram a condições mais frias. Este evento frio persistiu cerca de 1200 anos até que, de forma igualmente abrupta, se passou para condições climáticas mais quentes, que caracterizam o actual Holocénico.

A magnitude e a duração desta oscilação climática são idênticas às que caracterizaram a maior parte das oscilações milenares ocorridas no último período glaciário, sendo a oscilação Bölling-Allerød/Dryas Recente por vezes referida como o último dos ciclos de Dansgaard-Oeschger (**Figura III.2-1**) (BROECKER, 2000). A periodicidade desta oscilação, tal como já referido para os eventos de Dansgaard-Oeschger, não se consegue justificar com base na ciclicidade climática regulada pelos parâmetros astronómicos (23 000, 41 000 e 100 000 anos) tal como proposto por Milankovitch. Também aqui o intervalo de cerca de 1500 anos se aproxima do intervalo médio verificado por BOND *et al.* (1997, 1999) em sondagens marinhas.

### III.2.3 O HOLOCÉNICO

A fronteira Plistocénico-Holocénico é ainda hoje tema controverso, existindo diferentes linhas de pensamento:

1. A que defende que esta fronteira é facilmente identificada através dos registos individuais da deglaciação. No entanto, como esta modificação não é temporalmente simultânea em todos os registos a nível global, defende-se que esta fronteira deve ser temporalmente transgressiva;
2. A de outros autores que sugerem que determinadas sequências possam ser consideradas como referências-padrão para este limite;
3. Outros ainda definem que deve considerar-se como o início do Holocénico a idade  $^{14}\text{C}$  de 10 000 BP, sendo este o limite geralmente mais utilizado.

Embora a 3ª linha de pensamento seja a mais amplamente aceite, coloca algumas dificuldades quando pretendemos converter em idades de calendário. Embora a maior parte dos registos obtidos a partir dos arquivos naturais identifiquem efectivamente uma alteração climática significativa há cerca de 10 000 anos BP, a utilização de diferentes técnicas não devolve resultados temporais perfeitamente idênticos (**Tabela III.2-2**), embora se restrinjam ao intervalo 11 000 - 11 800 cal BP (ROBERTS, 2002).

**Tabela III.2-2** - Idades de calendário estimadas para o início do Holocénico com base em diferentes técnicas (ROBERTS, 2002 com base em ALLEY *et al.*, 1993; BJÖRCK *et al.* 1996, GULLIKSEN *et al.*, 1998).

Anos (cal BP)	Método
11 200	Calibração de $^{14}\text{C}$ em anéis de Pinheiros da Alemanha.
11 360 - 11 920	Contagem de lâminas anuais na sondagem de gelo GISP2 da Gronelândia.
11 440 - 11 580	Contagem de lâminas anuais na sondagem de gelo GRIP da Gronelândia.
11 200 - 11 700	Calibração U-Th das idades de $^{14}\text{C}$ de corais tropicais.
11 395 - 11 540	“Wiggle matched” de idade $^{14}\text{C}$ de sedimentos lacustres do Lago Kråkenes na Noruega.
11 360 - 11 600	Calibração de idades de $^{14}\text{C}$ com níveis varvares, Lago Goscziaz na Polónia.
ca. 11 490	Calibração de idades de $^{14}\text{C}$ com níveis varvares, Holzmaar, Alemanha.
10 960 - 11 100	Calibração de idades de $^{14}\text{C}$ com níveis varvares, Soppensee, Suécia.
11 440	Calibração de idades de $^{14}\text{C}$ com níveis varvares, Suíça.

O Holocénico - actual interglaciário - foi convencionalmente considerado durante muito tempo como o período de condições climáticas mais quentes, que se seguiu ao Dryas Recente e cujas condições climáticas permaneceram relativamente estáveis. No entanto, actualmente, estudos baseados em registos marinhos, continentais e de gelo, indicam que o Holocénico foi afectado por uma série de oscilações milenares (BOND *et al.*, 1997) que se sobrepõem às de ordem orbital.

Os trabalhos dos escandinavos BLYTT e SERNANDER, baseados na estratigrafia de turfeiras, estabeleceram a terminologia clássica para a subdivisão climática do Holocénico para o continente Europeu, dividindo-o em 5 fases (LOWE & WALKER, 1999; ROBERTS, 2002): Pré-Boreal, Boreal, Atlântico, Sub-Boreal, Sub-Atlântico (**Tabela III.2-3**). Esta classificação encontra-se actualmente em desuso. No entanto, registos mais recentes obtidos igualmente em turfeiras da Dinamarca e da Inglaterra, mostram uma evolução climática mais complexa com oscilações de menor amplitude, com cerca de 260 a 520 anos ou cerca de 800 anos, respectivamente (AABY, 1976 e BARBER *et al.*, 1994, *in* ROBERTS, 2002).

**Tabela III.2-3** - Períodos climáticos holocénicos para o continente europeu definidos por BLYTT-SERNANDER em turfeiras (LOWER & WALKER, 1999; ROBERTS, 2002).

Anos (cal BP)	Períodos	Condições climáticas			
		Frio	Quente	Seco	Húmido
2600-presente	Sub-Atlântico	x			x
5700-2600	Sub-Boreal		x	x	
7800 - 5700	Atlântico		x		x
10 500 - 7800	Boreal		x	x	
11 500 - 10 500	Pré-Boreal	x		x	

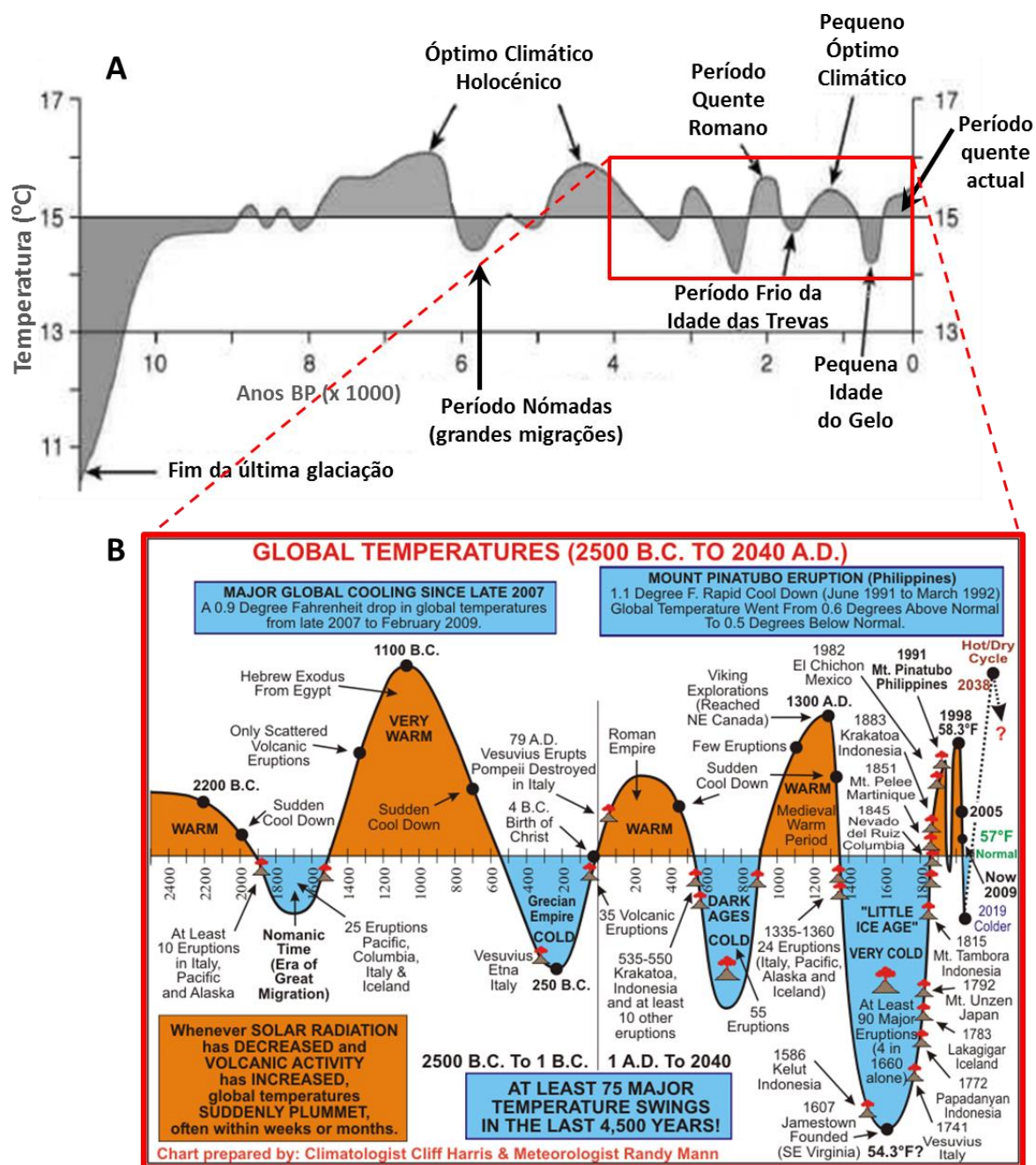
Mesmo perante as oscilações climáticas, o presente interglaciar testemunhou um período de condições climáticas excepcionais, denominado de Ótimo Climático, que aparece reflectido em numerosos indicadores paleoambientais em todo o globo mas cujo máximo térmico não é geograficamente síncrono. BELL & WALKER (1992) apresentam uma boa sinopse das datas deste intervalo climático para vários pontos do globo, referindo o intervalo entre 8000 e 4500 anos BP para a sua ocorrência em Inglaterra, enquanto na maior parte da região norte euroasiática regista apenas esta melhoria cerca de 2000 anos mais tarde (6000 a 4500 anos BP) (**Figura III.2-3**). Posteriormente ao período Atlântico as condições climáticas deterioraram-se, existindo evidências que estas se tornam progressivamente mais marcadas após os 3000 - 2500 anos BP.

**Tabela III.2-4 - Conclusões referentes à evolução da planície litoral norte alentejana durante o Holocénico, com as principais fases da evolução costeira, os eventos paleoecológicos mais relevantes e o carácter climático estimado através de estudos polínicos em sequências sedimentares continentais obtidas em Domínio lagunar-interdunar (LT, PCB), fluvio-lagunar (EST, AMI, APO, MCA, VCA), fluvio-estuarino (FIG, RMO), lagunar-interfluvial (GOL).**

Anos (BP) <sup>a)</sup> [Anos cal BP] *	Período paleoclimático <sup>a)</sup>	Anos (BP) <sup>b)</sup> [Anos cal BP] *	Principais fases da evolução costeira <sup>b)</sup>	Eventos paleoecológicos relevantes <sup>a), b)</sup>	Carácter climático <sup>a)</sup>
500 - 0 [550 - 0]	Holocénico Recente	600 - 0 [600 - 0]	<b>F</b> Terrestrialização generalizada nas lagoas e pântanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte descida do nível da água nos pântanos interfluviais e perimarinhos (PCB, GOL, APO);</li> <li>• Assoreamento (com acumulação de sedimentos mineraloclásticos) das baixas fluviais (VCA, APO, EST);</li> <li>• Re-intensificação do impacto humano nos ecossistemas, maior erosão dos solos e expansão do xenomorfismo da paisagem vegetal;</li> <li>• Reflorestação extensiva com pinheiro bravo.</li> </ul>	Sub-húmido
1500 - 500 [1400 - 550]	Holocénico Recente	1200 - 600 [1100 - 600]	<b>E</b> Lagoas interdunares e interfluviais menos alagadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência do hiato sedimentar nas turfeiras fluviais (VCA, APO, EST); diminuição dos fluxos de corrente nas lagoas interfluviais (GOL);</li> <li>• Regeneração das florestas climáticas e matagais secundários (PCB, GOL).</li> </ul>	Húmido
3500 - 1500 [3800 - 1400]	Holocénico Recente	3250 - 1200 [3500 - 1100]	<b>D</b> Re-inundação das lagoas interdunares e fluviais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Re-paludificação (com inundação acentuada) dos pântanos interfluviais e perimarinhos (PCB, GOL); hiato sedimentar nas turfeiras fluviais (VCA, APO, EST);</li> <li>• Antropização extensiva da paisagem (impactes em todas as zonas ecológicas da região (LT, PCB, FIG, VCA, APO, EST, GOL);</li> <li>• Indícios da abertura artificial da barra de maré da Lagoa de Albufeira.</li> </ul>	Húmido a hiper-húmido
4000 - 3000 [4500 - 3800]	Holocénico Médio	4150 - 3250 [4700 - 3500]	<b>C</b> Secar das turfeiras interdunares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiatos sedimentares nas turfeiras interdunares e interfluviais (LT, PCB, GOL); terrestrialização parcial nas turfeiras fluviais (VCA, FIG, APO);</li> <li>• Expansão dos taxa termomediterrânicos;</li> <li>• Conjugação de clima seco com regressão marinha.</li> </ul>	Seco
6000 - 4000 [6800 - 4500]	Holocénico Médio	5500 - 4150 [6300 - 4700]	<b>B</b> Estabilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução dos pinhais bravos em toda a região;</li> <li>• Terrestrialização parcial das turfeiras perimarinhas interdunares e fluviais (LT, PCB, APO, EST);</li> <li>• Inundação local do vale da Ribeira de Moinhos como consequência do forte robustecimento da barreira arenosa na zona vestibular.</li> </ul>	Sub-húmido/seco
8000 - 6000 [8800 - 6800]	Holocénico Médio	7500 - 5500 [7300 - 6300]	<b>A</b> Recuo da linha de costa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiato sedimentar na Lagoa do Golfo; paludificação das lagoas interdunares e interfluviais (LT, PCB, VCA, FIG, APO, EST); área florestal extensa - pinhal bravo, carvalho, amial (LT, PCB, VCA, FIG, APO, EST);</li> <li>• Expansão dos taxa mesomediterrânicos (LT, PCB, VCA, FIG, APO); relíquias "supramediterrâneas";</li> <li>• ca. 5750 BP máximo da ingressão litoral com sapais estuarinos na Lagoa Travessa, areias marinhas no sítio da Figueira de Baixo, indícios de "abertura ao mar" da Lagoa de Albufeira;</li> <li>• Alternância entre fases marcadas de inundação e terrestrialização das lagoas interdunares.</li> </ul>	Sub-húmido
10 000 - 8000 [11 700 - 8800]	Holocénico Antigo			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexificação do mosaico vegetacional;</li> <li>• Expansão máxima da área florestal (pinhais bravos, carvalho); desaparecimento dos pinhais silvestres;</li> <li>• Surgimento da mata esclerófila.</li> </ul>	Húmido
11 000 - 10 000 [13 000 - 11 700]	Dyas Recente			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do coberto vegetal regional; erosão dos solos;</li> <li>• Redução ou desaparecimento dos taxa termófilos;</li> <li>• Declínio dos pinhais bravos e re-expansão dos pinhais silvestres.</li> </ul>	Frio
12 000 - 11 000 [13 900 - 13 000]	Allerød			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da cobertura vegetal regional;</li> <li>• Expansão dos taxa termófilos;</li> <li>• Expansão relativa dos pinhais bravos;</li> <li>• Diversificação do mosaico de vegetação local e regional da Lagoa do Golfo.</li> </ul>	Temperado
13 300 - 12 000 [15800 - 13 900]	Dryas Antigo			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do coberto vegetal regional; erosão de solos;</li> <li>• Aumento da representação regional e extra-regional dos pinhais;</li> <li>• Redução e desaparecimento dos taxa termófilos.</li> </ul>	Frio
14 000 - 13 300 [16 700 - 15 800]	Bölling			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paludificação da Lagoa do Golfo;</li> <li>• Cobertura vegetal com pinhais silvestres, matos de <i>Juniperus</i>, <i>Cistaceae</i> e <i>Ericaceae</i>, e estepes frias de <i>Chenopodiaceae</i>, <i>Compositae</i> e <i>Artemisia</i>;</li> <li>• Presença de taxa termófilos.</li> </ul>	Frio/temperado

a) QUEIROZ (1999); b) QUEIROZ & MATEUS (2004); \* Idades radiocarbono aproximadas, determinadas pelo programa CALIB 5.1;

AMI - Amial (Lagoa de Albufeira); APO - Apostiça (Lagoa de Albufeira); EST - Estacada (Lagoa de Albufeira); FIG - Figueira de Baixo (Carvalho); GOL - Lagoa do Golfo; LT - Lagoa Travessa; MCA - Monte dos Cantos (Lagoa de Melides); PCB - Poço do Barbaroxa de Cima (Lagoa de Santo André); RMO - Ribeira de Moinhos; VCA - Vale da Carregueira (Lagoa de Santo André).



**Figura III.2-3 - Oscilações climáticas definidas para o Holocénico:** A - Variação da temperatura média no hemisfério Norte durante os últimos 11 000 anos (adaptado de Molina & Baek, 2002, Dansgaard et al, (1969) e Schönwiese, (1995)); B - Variação das temperaturas globais, erupções vulcânicas e eventos históricos importantes relacionados com as condições climáticas durante a 2ª metade do Holocénico (optou-se por deixar a imagem com o texto original para observação da nomenclatura em inglês) (retirado de: <https://chiefio.wordpress.com/2011/02/22/intermediate-period-half-bond-events/>, consultado em 21/10/2015).

O estudo de sequências polínicas efectuado em Portugal, em diversos ambientes sedimentares do litoral entre Lisboa e Sines (*Lagunas*: Lagoas de Albufeira, Travessa, Melides, Santo André, Moinhos; *Interdunares húmidos*: Poço do Barbaroxa de Cima; *Lagoas de Planalto*: Lagoa do Golfo), permitiu definir 7 fases de evolução costeira com características climáticas diferentes (*Tabela III.2-4*).

Outros registos, nomeadamente marinhos, de gelo e continentais, revelaram a existência de oscilações climáticas mais complexas correspondendo a uma variabilidade milenar. Efectivamente, BOND *et al.* (1997, 1999), com base em estudos de sedimentos marinhos do Atlântico Norte, colocaram em evidência a presença de uma série de oscilações climáticas com ciclicidade próxima de  $1470 \pm 500$  anos, interpretadas como descargas de água doce no Atlântico Norte transportando consigo IRD's, que permanecem no registo marinho. Estes eventos ficaram conhecidos como os Eventos de Bond (**Tabela III.2-5**), referindo os autores que podem ser considerados como mini ciclos de Dansgaard/Oeschger, face às características semelhantes entre eles. Estes autores chamam igualmente a atenção para o conhecido evento de 8.2 (episódio drástico de arrefecimento - **Figura III.2-1**), detectado em numerosos e diferentes registos paleoclimáticos (sondagens de gelo, sedimentos marinhos, sequências continentais) que tem merecido acentuada atenção da comunidade científica, pela sua proeminência nos registos, como apenas mais uma das oscilações milenares do Holocénico - correspondendo ao evento 5 de BOND. Este deve a sua origem aos mesmos fenómenos que controlam os restantes eventos mas cujo mecanismo, por qualquer razão ainda não esclarecida, amplificou o sinal climático nesse período.

A enorme quantidade de informação climática disponível, baseada nos diferentes tipos de registos (Glaciar - Marinho - Continental) torna tentador a comparação entre os diferentes arquivos paleoclimáticos. No entanto, a correlação não pode ser directa pois cada um destes arquivos tem um modelo cronológico próprio. A cronologia das sondagens das calotes polares apoia-se nos “níveis anuais de gelo”, enquanto a das sequências marinhas e continentais se baseia principalmente nas datações de  $^{14}\text{C}$  (convencional ou por AMS) (LOWE & WALKER, 1999). Neste tipo de correlação directa, o estudo polínico de sondagens marinhas efectuadas nas proximidades do continente tem-se revelado importante, permitindo compreender a resposta da vegetação à variabilidade climática detectada no Atlântico e permitindo correlacionar directamente os dois registos (NAUGHTON, 2007). Do mesmo modo, do estudo de sequências polínicas continentais posicionadas próximas da linha de costa (ambiente costeiro), pode inferir-se a resposta da vegetação às oscilações climáticas detectadas no oceano. No entanto, a interpretação ambiental de registos polínicos como por exemplo de ambientes lagunares, reveste-se de particular dificuldade pela influência de factores adicionais, tais como as oscilações do nível do mar e do nível freático, e ainda a própria dinâmica litoral (SANTOS & SÁNCHEZ GOÑI, 2003). O estudo polínico de FLETCHER *et al.* (2007) realizado com base numa sondagem efectuada no enchimento tardiglacial-holocénico do paleovale do rio Guadiana (S de Portugal), estabelece comparação com registos oceânicos do Atlântico (eventos de BOND), glaciares (GISP2) e outros continentais, detectando 6 eventos de aridez que os autores interpretam como contemporâneos de alguns dos episódios frios do Atlântico Norte (eventos 1, 2, 3, 5 de BOND - **Tabela III.2-5**) em que as mudanças climáticas sentidas no Atlântico Norte devem ter sido acompanhadas por condições atmosféricas secas/áridas nas regiões mediterrânicas da Península Ibérica e do Norte de África, tal como já anteriormente demonstrado durante as fases estadiais (frias) dos eventos Dansgaard-Oeschger e dos eventos de Heinrich.

**Tabela III.2-5 - A - Eventos de BOND, correspondentes à entrada de águas frias no Atlântico Norte (BOND et al., 1997, 1999). A sondagem VM29-191 fica mais próxima da margem Ibérica; B - Episódios de FLETCHER (FLETCHER et al., 2007) correspondentes a máximos de aridez no sul de Portugal; C - Episódios de deMENOCAL na sondagem ODP658C no Atlântico Central (deMENOCAL, 2000); D - Oscilações climáticas nos últimos 2000 anos (fontes várias, ver texto).**

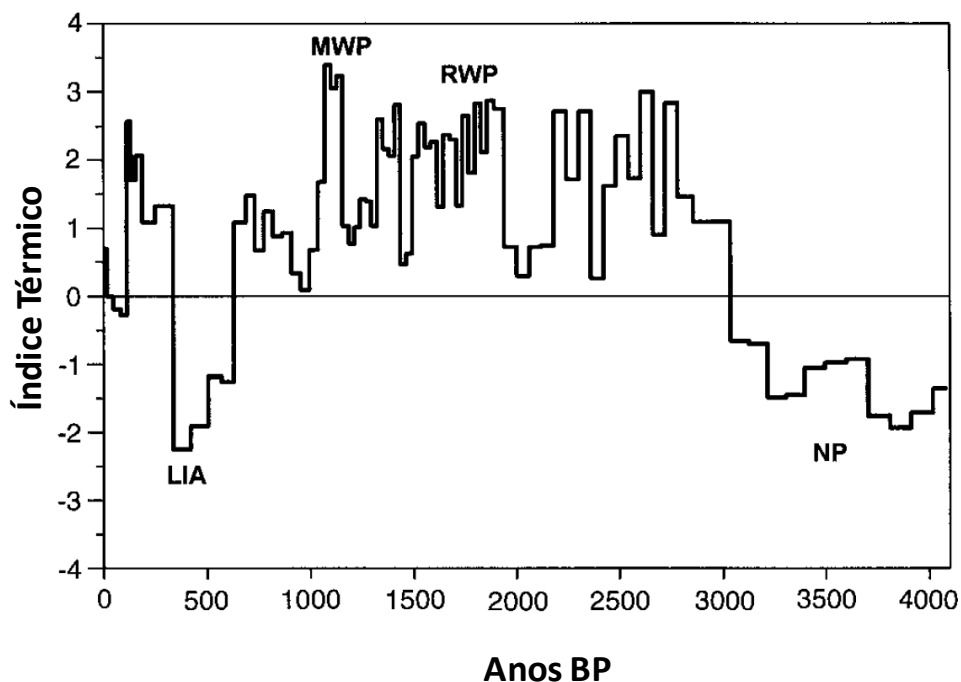
A			B	C	D				
Eventos de BOND	Anos BP	Anos (cal BP)			Episódios de FLETCHER Anos (cal BP)	Episódios de deMENOCAL Anos (cal BP)	Anos AC/DC	Anos cal BP	Referência ao período
	2 Sondagens: VM29-191 (VM28-14)								
0 (Pequena Idade do Gelo)	400 - 200	ca. 1600 - 1800 AD			350 e 800	1300(1590-1850)	(650)360 - 100	Pequena Idade do Gelo	
						(700) 1000-1300 DC	(1250) - 950-650	Pequeno Ótimo Climático	
1	1600 (1600)	1400 (1400)	1700		1900	450 - 950 DC	1500 - 1000	Período Frio da Idade das Trevas	
						0 - 500 DC	2000 - 1500	Período Quente Romano	
2	2700 (2600)	2800 (2700)	3100		3000	500 AC - 0	2500 - 2000	Período Frio do Imperio Grego	
						1500 AC - 500 AC	3500 - 2500	Período Quente	
3	4000 (3800)	4300 (4100)	4800		4600	2000 ac - 1500 DC	4000 - 3500	Período Frio das Rotas Nômadas	
4	5200 (5100)	5900 (5800)			6000				
5	7400 (7200)	8200 (8000)	7800		8000				
6	8600 (8500)	9500 (9400)							
7	9100 (9200)	10 300 (10 400)	10 200						
8	9800 (?)	11 100 (?)							
Dryas Recente	10 600 (10 600)	12 500 (12 500)	13 000 - 11 790						

### III.3 Alterações climáticas de “ordem histórica”

As oscilações climáticas dos últimos 1000 anos podem considerar-se pequenas quando comparadas com as ocorridas à escala tectónica, orbital ou milenar, não excedendo variações térmicas superiores a 1° C a nível global. Neste período emergiram as grandes civilizações modernas e nos últimos séculos as actividades humanas começaram a influenciar o clima, inicialmente a nível local, posteriormente a nível regional e actualmente pode já afirmar-se que afectam a dinâmica climática à escala do hemisfério e/ou mesmo global. Esta influência não cessa de aumentar e estima-se que permaneça nas próximas décadas ou mesmo séculos (RUDDIMAN, 2001).

Embora neste item se dê especial ênfase às alterações climáticas ocorridas nos últimos 1000 anos, insere-se aqui a referência a dois períodos climáticos, mais antigos, de sinais opostos, que se sucederam: o **Período Quente Romano (Roman Warm Period - RWP)** e o **Período Frio da Idade das Trevas (Dark Ages Cold Period)**. O primeiro ocorreu entre 2000 e 1500 anos cal BP (0 - 500 AD) sendo reconhecido como um período de melhoramento climático (LAMB, 1997). No noroeste da Península Ibérica o estudo de sequências de materiais orgânicos em turfeiras, concretamente a variação da concentração do Hg permitiu afirmar que este intervalo corresponde a condições mais chuvosas, onde a temperatura foi cerca de 2°C mais elevada (**Figura III.3-1**) (MARTINEZ-CORTIZAS et al., 1999). Efectivamente, estudos mais recentes efectuados nos sedimentos da Ria de Vigo confirmam este padrão climático entre 60 cal BC - 420 AD, que corresponde a um período de maior adição de água doce ao sistema litoral, que intensifica a estratificação halina e térmica do sistema (DIZ et al., 2002). Posteriormente assiste-se a um retrocesso a condições

climáticas mais frias, tendo-se detectado avanço dos glaciares Alpinos e outros glaciares europeus entre 1500 e 1000 anos cal BP (450 - 950 anos AD), correspondendo estas condições à degradação climática sentida durante o Período Frio da Idade das Trevas. No entanto, este arrefecimento não foi tão significativo e generalizado como na Pequena Idade do Gelo (**Figura III.2-3B, III.3-1**) (MARTINEZ-CORTIZAS *et al.*, 1999).



**Figura III.3-1** - Variação do Índice térmico para o Holocénico recente para a região noroeste de Espanha, obtido com base no estudo de depósitos orgânicos de uma turfeira. Segundo os autores, face à boa correlação com dados anteriormente publicado, este índice pode ser utilizado como um registo das variações relativas da temperatura para os últimos 4000 anos (adaptada de MARTINEZ-CORTIZAS *et al.*, 1999). LIA - Little Ice Age (Pequena Idade do Gelo); MWP - Medieval Warm Period (Pequeno Ótimo Climático); RWP - Roman Warm Period (Período Quente Romano); NP - Neoglacial Period. Note-se que entre o RWP e o MWP existe um período há cerca de 1500 anos BP com temperaturas mais baixas, que poderá ser o sinal do “Dark Age Period” (Período das Trevas - 450 - 950 AD).

O último milénio foi marcado por dois eventos climáticos importantes, que se sucederam temporalmente: o **Pequeno Ótimo Climático** (*Little Climatic Optimum* ou *Medieval Warm Period* - MWP) e a **Pequena Idade do Gelo** (*Little Ice Age* - LIA).

O termo *Medieval Warm Period* designa um intervalo temporal de temperaturas mais elevadas, inicialmente identificado no norte da Europa (PFISTER *et al.*, 1998). Na literatura consultada existe uma pequena diferença no intervalo temporal referido para este período, principalmente para o início do evento:

- 700 - 1300 AD (1300 - 700 anos cal BP, séc. VIII - XIV) (GROVE, 1979, *in* BELL & WALKER, 1992);
- 900 a 1300 AD (1100 - 700 anos cal BP, séc. X - XIV) (PFISTER *et al.*, 1998);
- 1000 a 1300 AD (1000 - 700 anos cal BP, séc XI - XIV) (RUDDIMAN, 2001);
- 1090 a 1230 AD (ca.900 - 800 anos cal BP, séc. XI - XIII) (PORTER, 1986).

No entanto, todos os autores são concordantes no que se refere às características climáticas deste intervalo temporal. Este período corresponde a uma importante redução dos glaciares da maior parte das regiões do hemisfério norte. Cite-se a título de exemplo que foi neste intervalo que a melhoria das

condições climáticas permitiu o estabelecimento de colónias dos povos nórdicos (Vikings) na Gronelândia. As crónicas descritivas históricas da época não referem as características do actual mar gelado desta região, factor que actualmente impediria a rota estabelecida por estes povos colonizadores (BELL & WALKER, 1992; RUDDIMAN, 2001). Sondagens na Gronelândia indicam que a temperatura seria cerca de 1 - 2°C mais elevada que actualmente (BELL & WALKER, 1992). O trabalho desenvolvido por PFISTER e seus colaboradores (1998) com base em documentação histórica e em registos instrumentais indicam que durante o *Pequeno Ótimo Climático* na Europa Central Ocidental os Invernos severos seriam menos frequentes e menos extremos que no século IX e que no século XIV a XIX (*Pequena Idade do Gelo*). Também verificaram que os Invernos no período entre 1090 a 1179 AD eram igualmente frios como os da *Pequena Idade do Gelo* e que os do período 1180 a 1299 AD eram mais quentes que os do intervalo 1901-1960. Segundo os mesmos autores, o período entre 1300 e 1329 AD que marca a transição para a *Pequena Idade do Gelo* caracterizou-se por ser já mais frio (menos 1 °C). No norte da Península Ibérica os depósitos de turfeira apontam um aumento da temperatura atmosférica que terá sido 1,9°C acima da actual (**Figura III.3-1**) (MARTINEZ-CORTIZAS *et al.*, 1999).

Enquanto o *Pequeno Ótimo Climático* parece ter sido restrito ao Hemisfério Norte (BROECKER & DENTON, 1989; IPCC, 2001), os resultados de numerosos estudos rapidamente contribuíram para afirmar que a *Pequena Idade do Gelo* foi um evento com carácter global, que corresponde a um intervalo temporal de expansão dos glaciares com subseqüentes flutuações e cujas temperaturas foram mais baixas que actualmente cerca de 1 a 2 °C (GROVE, 1988; PORTER, 1986). Convencionalmente começou em 1590 AD e terminou em 1850 AD (séc. XVI a XIX) (ROBERTS, 2002). Este evento na Europa ocidental teve a sua fase preliminar de expansão do gelo no final da Idade Média (séc. XIII-XIV) e culminou na fase principal com repetidos avanços do gelo entre 1600 a 1860 AD (BROECKER & DENTON, 1989). Nas regiões temperadas do norte os Verões eram mais quentes e os Invernos mais frios e húmidos, registando-se um aumento da frequência de tempestades (BELL & WALKER, 1992). Este retrocesso a condições climáticas mais frias afectou as populações, sendo numerosos os relatos e imagens (pinturas) que retratam as condições adversas que os povos viveram. Durante os Invernos rigorosos assistiu-se ao congelamento dos lagos, rios e portos. As comunidades instaladas durante o Pequeno Ótimo Climático na Gronelândia, outrora prósperas, viram-se obrigadas a abandonar a região como consequência das condições inóspitas que se fariam sentir durante este período (RUDDIMAN, 2001; ROBERTS, 2002).

Segundo BOND *et al.* (1999) a *Pequena Idade do Gelo* corresponde ao mais recente dos eventos de BOND - evento 0 (**Tabela III.2-5**), inserindo-se na ciclicidade de 1000 - 2000 anos já anteriormente evidenciada (mais especificamente  $1470 \pm 500$  anos) pelos restantes 8 eventos identificados no Holocénico (BOND *et al.*, 1997, 1999), distanciando-se este último evento frio do anterior (evento 1) cerca de 1400 anos apresentando características análogas. Os mesmos autores sugerem que este período apresenta semelhanças, embora de menor amplitude, com os eventos frios de Dansgaard/Oeschger, onde se assistiu ao deslocamento da frente polar mais para sul, ao aumento da presença de IRD, sujeitando a Europa Ocidental e o Atlântico Norte a severo arrefecimento. De igual modo, outra semelhança é salientada por BIANCHI & McCABE (1999, *in* BOND *et al.*, 1999) que indicam um abrandamento da formação da Água Profunda do Atlântico Norte (NADW) durante a Pequena Idade do Gelo.



Na Galiza, depósitos de turfeira confirmam a ocorrência da Pequena Idade do Gelo na Península Ibérica como um intervalo temporal onde a temperatura foi 1,7°C mais baixa que actualmente (MARTINEZ-CORTIZAS *et al.*, 1999). No entanto, no registo sedimentar da ria de Vigo foram detectados dois períodos de temperaturas mais baixas das águas superficiais: o primeiro entre 1440 - 1490 AD (510-460 cal BP) e o segundo a 1720 AD (230 cal BP) (DIZ *et al.*, 2002). Estes autores relacionam estes eventos com dois dos períodos de actividade mínima de manchas solares: o Spörer (1415 - 1535 AD) e o Maunder (1645 - 1715 AD). A actividade solar é um dos mecanismos externos que controlam o clima terrestre e que pode ver a sua influência amplificada pelos mecanismos de resposta internos do planeta (LOWE & WALKER, 1999).

Para a região entre Lisboa e Sines o estudo de sequências polínicas (QUEIROZ, 1999; QUEIROZ & MATEUS, 2004) define para os últimos 600 anos uma fase de terrestrialização acentuada das lagoas e pântanos com forte descida do nível da água nos pântanos interfluviais e perimarinhas, assoreamento (com acumulação de sedimentos mineraloclásticos) das baixas fluviais, re-intensificação do impacte humano nos ecossistemas, maior erosão dos solos e expansão do xenomorfismo da paisagem vegetal (*Tabela III.2-4*).

## III.4 Variação do nível médio do mar desde a última glaciação

### III.4.1 INTRODUÇÃO

As oscilações do nível do mar, quer ocorram promovidas pelo movimento vertical do plano de água do oceano (alterações climáticas - factor global) ou do continente (movimentos tectónicos, isostáticos, afluxo de sedimentos - factores locais), ou ainda pela conjugação dos dois, vão ficar registadas na zona costeira, região privilegiada para o estudo destas variações que afectam a interface continente - oceano.

Durante períodos de estabilidade do nível do mar, o registo geológico de um litoral em regiões com subsidência vai acusar uma subida do nível do mar; pelo contrário em regiões costeiras com levantamento tectónico ou com forte afluxo sedimentar terrígeno, o registo geológico registará uma descida do nível do mar, motivo pelo qual nos devemos sempre referir a **oscilações relativas do nível do mar**. Por outro lado, quando ocorrem oscilações de carácter global que resultam de flutuações do volume de água nos oceanos, essas devem ser mencionadas como **oscilações eustáticas** e se são controladas pelo crescimento/recuo dos glaciares então estamos perante oscilações **glacio-eustáticas**.

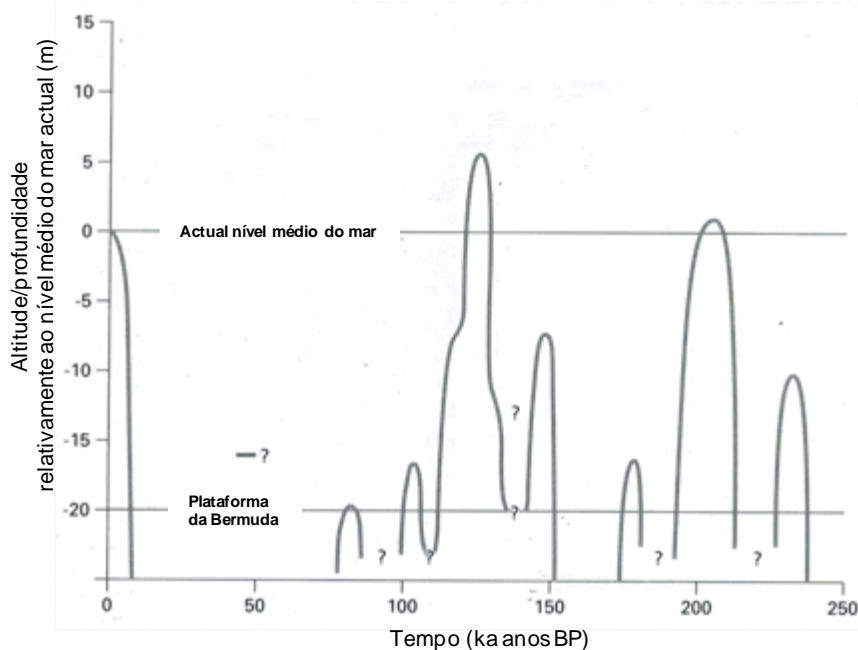
Sem querermos ser demasiado exaustivos, citam-se na *Tabela III.4-1*, a título de exemplo, algumas causas responsáveis pelas variações globais e locais do nível do mar. Pelo conteúdo da tabela é notória a multiplicidade de factores que podem estar envolvidos no controlo das oscilações do nível do mar nos diferentes segmentos do litoral dos continentes. Deste modo, é clara a necessidade da definição de curvas de variação do nível médio do mar de carácter local que sejam consideradas como específicas de cada região, em detrimento de uma curva universal.

**Tabela III.4-1 - Factores/mecanismos responsáveis pelas oscilações globais (eustáticas) e locais do nível médio do mar.**

Variações Eustáticas	Variações Locais/Regionais
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Expansão térmica dos oceanos;</li> <li>2. Aumento/redução dos glaciares de montanha e/ou das calotes polares;</li> <li>3. Oscilações do geóide;</li> <li>4. Tectónica de placas (divergência/convergência, modificações na elevação das cristas médias oceânicas).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Movimentos isostáticos, podem conduzir a fenómenos de subsidência/levantamento como consequência de variações no continente ou na zona litoral de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume de gelo (glacio-isostáticos);</li> <li>• Volume de água (hidro-isostáticos);</li> <li>• Volume de litosfera, oscilações térmicas/densidade (termo-isostáticos);</li> <li>• Deposição/erosão de rochas e/ou sedimentos (sedimento-isostáticos).</li> </ul> </li> <li>2. Fenómenos de compactação.</li> <li>3. Movimentos tectónicos (tectónica/vulcanismo).</li> <li>4. Alterações do fluxo sedimentar terrígeno.</li> <li>5. Modificações locais/regionais nos padrões atmosféricos de vento e de correntes oceânicas.</li> </ol>

Uma vez que o nível médio do mar no Quaternário foi claramente dominado por oscilações glacio-eustáticas, pode estimar-se a **oscilação absoluta do nível do mar** em regiões tectonicamente estáveis como as ilhas Bermudas ou as Bahamas, onde este estudo fica facilitado, pois o eustatismo foi o mecanismo principal no controlo das oscilações (LOWE & WALKER, 1999). No entanto, em regiões onde a conjugação de vários factores/mecanismos é a responsável, deve tentar separar-se do registo geológico a componente devida aos factores locais, da dos factores globais, para obtenção da oscilação absoluta do nível do mar, tarefa por vezes complicada.

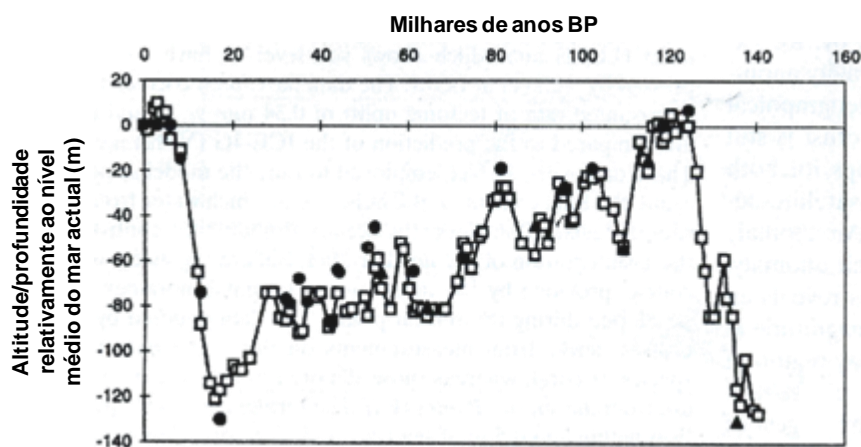
Estudos efectuados na Ilha Bermuda (Oceano Atlântico) com base em recifes de corais fósseis e depósitos de praia posicionados acima e abaixo do actual nível médio do mar, permitiram reconstituir a cronologia das oscilações eustáticas do nível médio do mar nos últimos cerca de 250 000 anos (**Figura III.4-1**). Durante este período apenas por duas vezes o mar ocupou posições mais elevadas que as actuais: há aproximadamente 200 000 anos alcançou +2m e há ~ 125 000 anos (último período interglaciário - Eemiano) quando superou os níveis anteriores, posicionando-se 6m acima do nível actual. Este estudo mostra ainda que as oscilações eustáticas do nível do mar podem ocorrer rapidamente, em regime transgressivo/regressivo na ordem dos 3,5 a 6mm/ano (HARMON *et al.*, 1983, *in* LOWE & WALKER, 1999). Este alto nível médio do mar durante o último período interglaciário é também confirmado pelos resultados dos sea-level-index-points obtidos em corais da Península de Huon (Papua Nova Guiné - Oceano Pacífico) e pelo mais longo registo de variação do nível médio do mar proposto por SHCKLETON (1987, *in* PELTIER, 1998) (**Figura III.4-2**) estabelecido a partir do estudo da sondagem V19-30 e da RC-17-177, admitindo que as variações do  $\delta^{18}\text{O}$  de foraminíferos bentónicos e planctónicos de sondagens marinhas profundas são um indicador fiável da variação do volume dos glaciares e consequentemente das oscilações eustáticas do nível médio do mar. A observação desta curva revela ainda que o último período glaciário se pautou, de uma forma geral, por um progressivo e lento arrefecimento, apenas por vezes pontuado por eventos de sinal contrário, mas mantendo a sua tendência geral atingindo valores mínimos há 21 000 anos (Último Máximo Glaciário) quando se regista a inversão do registo com a subida rápida do nível médio do mar.



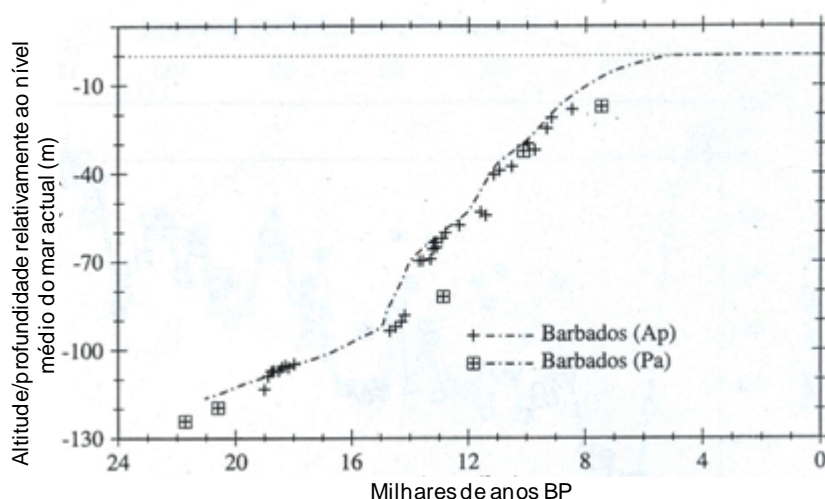
**Figura III.4-1** - Flutuações plisto-holocénicas do nível médio do mar na Ilha Bermuda nos últimos 250 000 anos (adaptada de LOWE & WALKER, 1999, a partir de HARMON et al., 1983).

Ambas as curvas anteriormente referidas, têm reduzida definição para o período Holocénico mas a curva de FAIRBANKS (1989, *in* LOWE & WALKER, 1999; *in* PELTIER, 1998), obtida através dos corais da ilha de Barbados (Oceano Atlântico) apresenta boa resolução desde o último máximo glaciário, onde o nível médio do oceano se posicionou cerca de  $121 \pm 5$  m abaixo da actual posição como consequência da descida glacio-eustática (**Figura III.4-3**). De um modo geral, pode afirmar-se que os resultados mostram uma subida rápida do nível médio do mar até há 7 000 anos quando se atingiram cotas próximas das actuais e se assiste à desaceleração da taxa de subida.

Existem curvas propostas com base em modelações numéricas que têm em conta as variações glacio-eustáticas do nível do mar, considerando a Terra esférica, viscoelástica, tendo em conta a deformação do geóide, as diferentes taxas de fusão dos gelos e incluindo resultados concretos da variação do nível do mar na época - Modelo de CLARK et al. (1978, *in* FREITAS, 1995). Nesse trabalho foram definidas seis zonas com diferentes curvas de variação do nível médio do mar, inserindo-se a Península Ibérica, o sul da Europa e o Norte de África na Zona III. Posteriormente, com base nos trabalhos desenvolvidos no âmbito do projecto CLIPMAP foram propostas por RUDDIMAN & McINTYRE (1981) cinco fases evolutivas (I, II, III, IV, V - ver referência com a curva de DIAS et al., 2002, mais à frente) para o Atlântico Norte após a última época glaciária.



**Figura III.4-2** - Variações do nível médio do mar nos últimos 140 000 anos: pontos negros correspondem aos resultados obtidos em corais na Península de Huon (Papua Nova Guiné) (CHAPPELL et al., 1996) e os quadrados aos níveis estimados a partir da variação do  $\delta^{18}\text{O}$  dos foraminíferos bentónicos e planctónicos de duas sondagens marinhas profundas (V19-30 e RC17-177) (SHACKLETON, 1987) (adaptada de PELTIER, 1998).



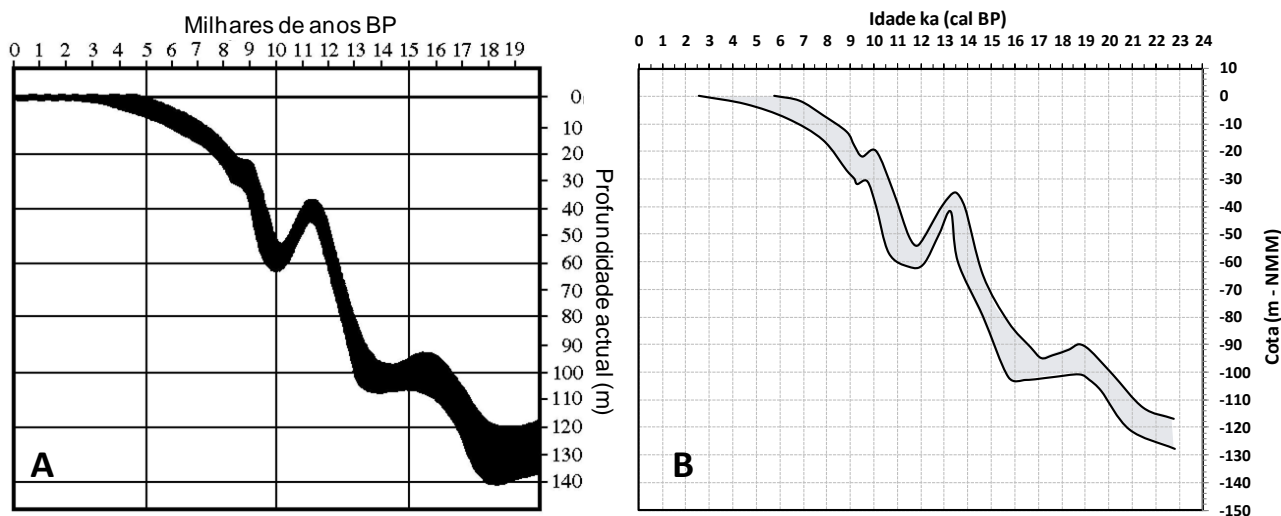
**Figura III.4-3** - Curva de variação do nível médio do mar de Fairbanks (1989) obtida na Ilha de Barbados com base na datação U/Th de corais das espécies *A. Palmata* (Ap - habitam cerca de 5m abaixo do nível do mar) e *Porites* (Pa - podem viver em profundidades maiores que as espécies anteriores) (adaptada de PELTIER, 1998).

### III.4.2 CURVA DO NÍVEL DO MAR EM PORTUGAL

Para o estudo da variação relativa do nível do mar de determinada região, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas de forma isolada ou combinada. Evidências geomorfológicas de processos actuates na linha de costa, sejam eles fenómenos erosivos e/ou acumulativos, podem contribuir para a identificação de antigos troços costeiros e consequentemente fornecer pistas sobre a posição altimétrica do nível do mar em determinada época. Formas estas que podem posicionar-se acima do actual nível, como por exemplo: corais, praias levantadas, arribas fósseis, plataformas rochosas, restigas, depósitos estuarinos/lagunares, deltas, grutas, terraços. No entanto, a procura destas formas não deve cingir-se à região emersa, podendo as formas anteriormente referidas ou mesmo outras (ex: antigos vales fluviais) ser encontradas actualmente submersas. Para além das evidências geomorfológicas, a ocupação do litoral por antigas civilizações e a existência de documentação histórica podem igualmente fornecer dados interessantes para a avaliação das oscilações do nível do mar e das modificações da linha de costa. O posterior mapeamento e o posicionamento altimétrico destas “pistas” permitirão a visualização das antigas linhas de costa e a definição da variação do nível do mar para essa região. É evidente que a partir destes dados geomorfológicos não é fácil, por vezes, obter uma imagem contínua das oscilações do nível do mar mas se combinados com sequências sedimentares datadas (obtidas através de sondagens em ambiente marinho/transição ou visualizadas em cortes geológicos), o “quadro” pode ficar mais completo.

Dias (1985, 1987), com base em estudos geomorfológicos e sedimentológicos da plataforma continental norte portuguesa e apoiado nas cinco fases anteriormente estabelecidas por RUDDIMAN & McINTYRE (1981) para o Atlântico Norte, propôs a primeira curva de variação do nível do mar para o nosso país (**Figura III.4-4A**), em anos BP, a qual a autora do presente estudo converteu em anos cal BP (**Figura III.4-4B**). Os trabalhos prosseguiram na mesma zona geográfica com recurso a outras metodologias, nomeadamente reflexão sísmica (RODRIGUES & DIAS, 1989, 1990; RODRIGUES *et al.*, 1990, 1991; RODRIGUES, 2001) e análises micropaleontológicas (SILVA & NASCIMENTO, 1989, *in* FREITAS, 1995) e em 1993, DIAS & RODRIGUES propuseram cinco fases para a evolução da plataforma portuguesa nos últimos 18 000 anos. De acordo com DIAS *et al.* (2000) estudos efectuados em outros segmentos diferentes da plataforma portuguesa, nomeadamente os de MOITA (1971), MONTEIRO & MOITA (1971), MONTEIRO *et al.*

(1982), MOITA (1986), QUEVAUVILLER (1986) e QUEVAUVILLER & MOITA (1986a; 1986b) parecem confirmar a aplicabilidade desta curva à totalidade do segmento português da plataforma ibérica.



**Figura III.4-4** - Curva de variação do nível médio do mar para a plataforma Norte Portuguesa desde o último máximo glaciário. A largura do traçado da curva expressa a incerteza relativamente à idade e à cota do nível do mar: A - curva adaptada de DIAS *et al.*, 2000; B - curva de DIAS *et al.* (2000) tendo-se transformado as idades convencionais de radiocarbono em idades calibradas com recurso ao programa CALIB 5.1.

Deste modo, podemos sintetizar em várias etapas a evolução do litoral português desde o Último Máximo Glaciário até ao presente (**Figura III.4-5**) (DIAS & RODRIGUES, 1993; RODRIGUES, 2001; DIAS *et al.*, 2000):

- **Máximo Glaciário, 18 000 anos BP (Fase I)**

No último máximo glaciário a linha de costa estaria próxima do limite da plataforma e o nível médio do mar estaria cerca de 120-140m abaixo do actual, correspondendo ao nível mínimo de SHACKLETON (1987, *in* PELTIER, 1998, **Figura III.4-2**). O baixo nível expunha quase por completo a plataforma sulcada pelos troços terminais dos rios que drenavam bacias de maior dimensão responsáveis pelo transporte de maiores caudais hídricos e carga sólida, como consequência de estações pluviosas mais prolongadas (DAVEAU, 1980, *in* FREITAS, 1995).

- **Início da deglaciação - 16 000 a 13 000 anos BP (Fase II)**

Após o último Máximo Glaciário, o início da deglaciação introduziu enormes volumes de água nos oceanos e essa fase é marcada pela subida do nível do mar que atinge a cota -100m há cerca de 16 000 anos. Em consequência verificou-se a migração do litoral em direcção ao continente. Posteriormente, o nível do mar parece ter estabilizado durante cerca de 3000 anos, permitindo o desenvolvimento na plataforma de alguns acidentes geomorfológicos como plataformas de abrasão, arribas, cordões litorais.

- **Bölling - Allerød, 13 000 a 11 000 anos BP (Fase IIIa)**

Durante este período o clima e a circulação do Atlântico Norte sofreram alterações consideráveis, correspondendo este período a uma fase mais quente onde o padrão de circulação da corrente do golfo é semelhante à actual. A este aquecimento associa-se a subida muito rápida do nível do mar que atinge a cota -40m. Esta subida rápida não daria tempo aos estuários de entrarem em equilíbrio com um novo nível de base em progressiva mudança, pelo que a quantidade de sedimentos debitados por estes sistemas na

linha de costa contemporânea era pequena e essencialmente finos, transformando estas ambientes de transição em verdadeiras armadilhas sedimentares, que rapidamente assoreavam.

- **Dryas Recente, 11 000 a 10 000 anos BP (Fase IIIb)**

O Dryas recente foi marcado pelo retrocesso a condições mais frias, com consequências notáveis na circulação oceânica. O nível do mar desce rapidamente para a posição -60m e o ajuste a este novo nível de base é feito através de intensa erosão dos depósitos anteriormente deixados no interior dos estuários que são reposicionados na plataforma contemporânea. Actualmente entre a cota -40 e -60m encontram-se vários traços morfológicos (arribas, cordões litorais, plataforma de abrasão) bem conservados, e os autores interpretam a sua boa preservação como consequência da posterior rápida subida do mar após o final do Dryas Recente.

- **Holocénico, 10 000 anos BP à actualidade (Fases, IIIc, IV e V)**

Após o final do Plistocénico entra-se no actual período interglaciário, marcado pela acentuada melhoria climática. Estas alterações climáticas são responsáveis pela subida glacio-eustática do nível do mar conduzindo à transgressão holocénica.

Entre os 10 000 e 8000 anos BP regista-se a elevação muito rápida do nível do mar, o qual teria subido em menos de 2000 anos cerca de 40m, passando a posicionar-se a -20m, o que aponta para taxas de subida na ordem dos 20mm/ano. A migração rápida da linha de costa não terá permitido que os processos costeiros modificassem as geoformas modeladas na fase anterior.

Após se ter assistido à desaceleração da taxa de subida do nível do mar este estabilizou há cerca de 5000 - 3000 anos BP aproximando-se do nível actual. A configuração do litoral contemporâneo desse período era bastante diferente do actual, caracterizando-se por predominância de costa rochosa e estuários amplos, o que conferia ao litoral um contorno mais sinuoso e recortado (*Figura III.4-5*). A linha de costa entrou então em progressivo equilíbrio com tendência para a linearização da faixa costeira em virtude da erosão das saliências rochosas e acumulação nas reentrâncias. Esta relativa estabilização promove o assoreamento dos estuários e a génese e crescimento de restingas arenosas, contribuindo estas últimas para o encerramento/isolamento de alguns pequenos estuários/rias transformando-as em lagunas. É também neste período que a acumulação de areias promove igualmente a ligação a terra de outrora pequenas ilhas próximas do litoral (ex: tombolo de Peniche). Para DIAS (1987) a maior parte destas modificações parecem ter ocorrido nos últimos 1000 anos, associadas a períodos mais frios e onde possivelmente ocorreram pequenos abaixamentos do nível do mar.

Na mesma época em que foi proposta a 1ª curva de variação do nível do mar para Portugal, outros dois investigadores (QUEVAUVILLER & MOITA, 1986), apresentaram um modelo de evolução para a plataforma norte alentejana, semelhante à anteriormente descrita, com base no estudo dos relevos superficiais, das formações sedimentares nela presentes e efectuando um paralelismo com a evolução de outras plataformas.

Mais tarde, em 1994, foi apresentada para a região do sotavento algarvio uma nova proposta, com base em datações de conchas e gastrópodes, para a variabilidade do nível do mar nos últimos 7500 anos (BETENCOURT, 1994). Embora a incerteza altimétrica seja considerável, em virtude da diversidade de

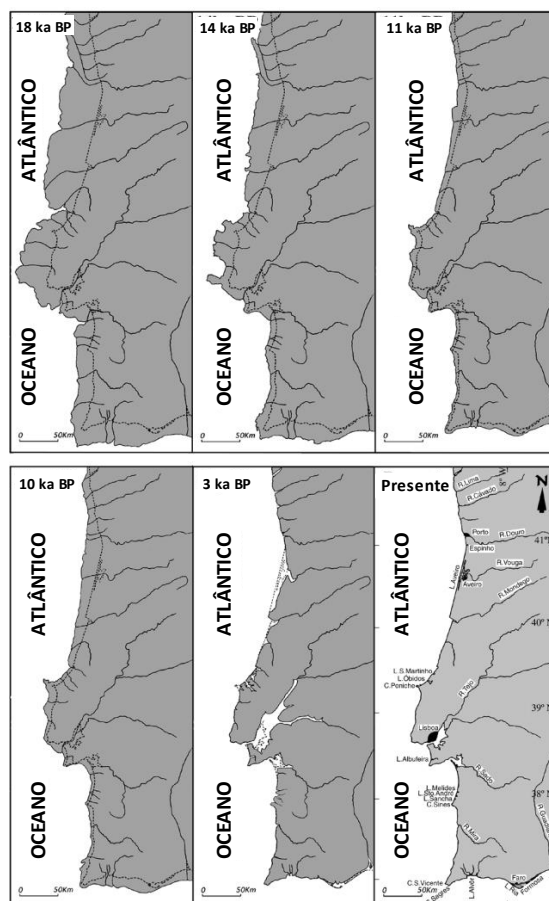
habitats que os organismos podem ocupar, os dados revelam uma desaceleração do nível do mar há cerca de 5000 anos BP e uma ligeira descida entre os 2500 - 1900 anos BP.

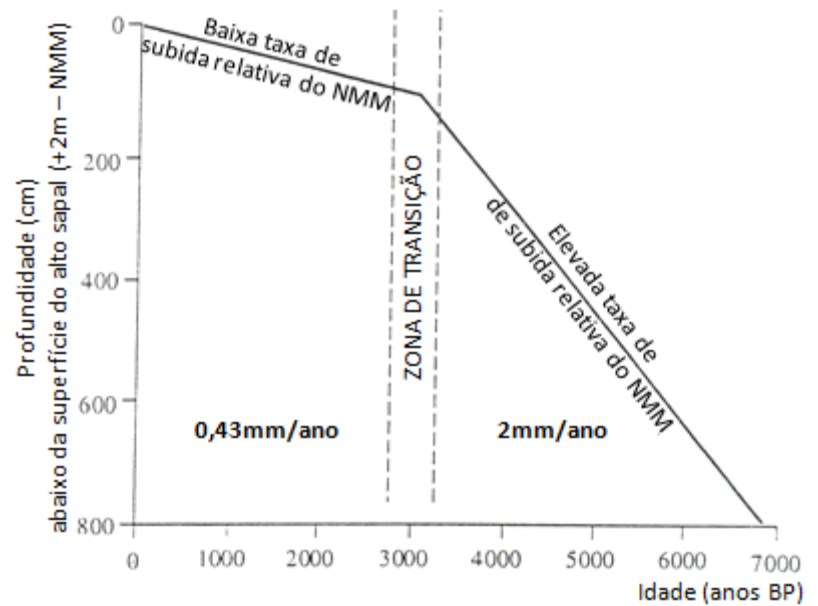
Em 2000, o estudo de várias sondagens efectuadas no estuário do Sado, permitiu a PSUTY & MOREIRA apresentar um modelo esquemático regional para variação relativa do nível médio do mar (**Figura III.4-6**). Os autores concluem que entre os 6300 anos BP e a actualidade o nível médio do mar sempre mostrou uma tendência positiva, embora com taxas diferenciadas ao longo do tempo, ao contrário do preconizado por outros autores que indicam uma “quase estabilização”, dentro do Holocénico recente. Para o período entre 6300 e 2600 anos BP obtiveram taxas de subida na ordem de 2mm/ano, descendo para valores de 0,43mm/ano entre 2600 anos BP e a actualidade.

Em 2002, com base no estudo de sequências transgressivas do enchimento holocénico do paleovale do Rio Guadiana, BOSKI *et al.* (2002) apresentaram um modelo de idades para a região, conseguindo resultados para idades mais antigas que as do modelo do estuário do Sado (**Figura III.4-7**). Esta curva mostra uma subida elevada - 8,5mm/ano - entre 10 000 e 6600 anos BP ( $\approx$  11 700 - 7400 anos cal BP), sendo este valor uma ordem de grandeza inferior ao estimado de 20mm/ano na plataforma norte portuguesa por DIAS (1985, 1987), entre os 10 000 e 8000 anos BP. Posteriormente até 5500 BP ( $\approx$  6300 anos cal BP) assiste-se a uma desaceleração da taxa para 3,0mm/ano, muito semelhante ao estimado por PSUTY & MOREIRA (2000) de 2mm/ano para o estuário de Sado neste período.

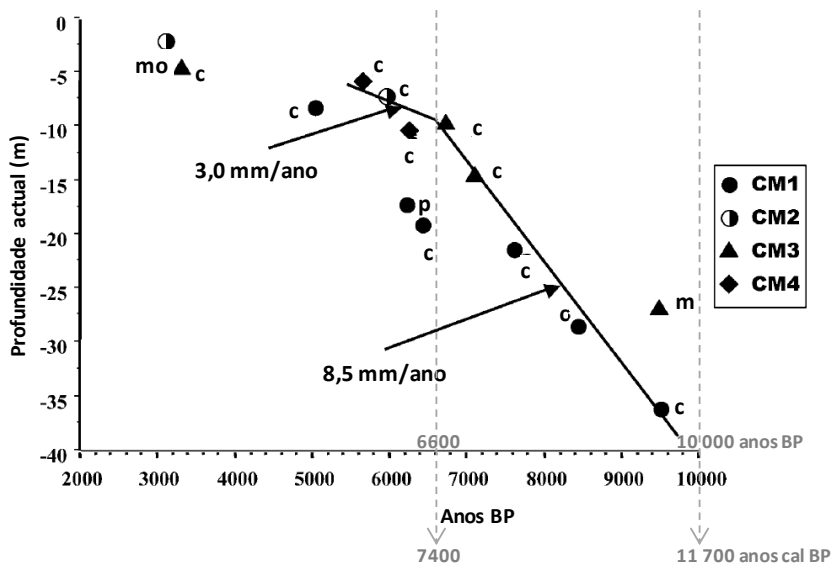
Em 2005, surge uma nova proposta para o território nacional, tendo sido apresentada no Congresso COASTAL HOPE (em Lisboa) por TEIXEIRA e seus colaboradores. Estes autores, com base em datações de  $^{14}\text{C}$  de bivalves e no intervalo de profundidade que estas espécies toleram (habitam) definiram a variação relativa do nível médio do mar para a região de Quarteira (Algarve) nos últimos 9000 anos cal BP (**Figura III.4-8**). Esta curva mostra uma subida rápida entre 9000 e 7000 anos cal BP (6-7mm/ano), uma desaceleração entre os 7000 e os 5000 anos cal BP, período a partir do qual atinge cota próxima da actual e onde a curva se apresenta próxima da horizontalidade até ao presente. Este último facto é a razão pela qual os autores afirmam não terem encontrado evidências de níveis médios do mar mais altos que o actual no litoral de Quarteira. Note-se que os valores encontrados de 6-7mm/ano no período mais antigo, estão dentro da ordem dos valores estimados nesse período para o estuário Guadiana (8,5mm/ano - BOSKI *et al.*, 2002 - **Figura III.4-8**).

**Figura III.12** - Evolução da linha de costa desde o Último Máximo Glaciário, baseada em RODRIGUES & DIAS (1990), RODRIGUES *et al.* (1991) e DIAS *et al.* (1997) (retirada de DIAS *et al.*, 2000).

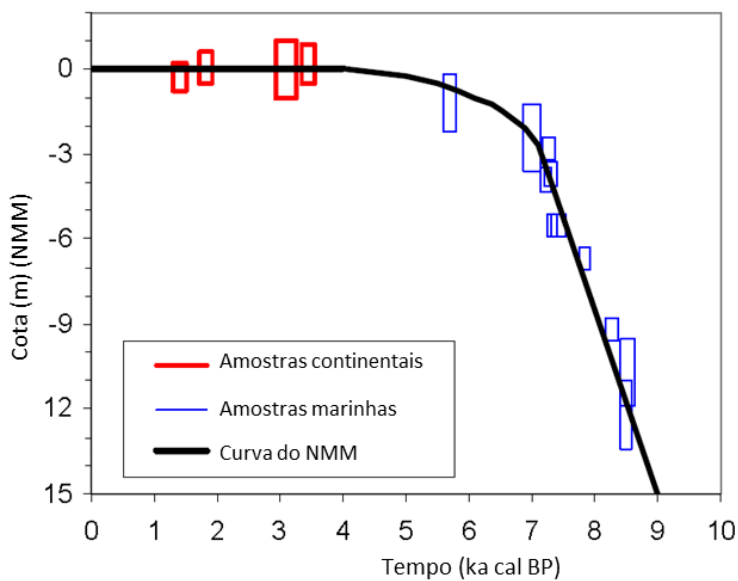




**Figura III.4-6** - Modelo regional esquemático da taxa de subida relativa do nível médio do mar, com base no tipo de sedimentação e desenvolvimento morfológico do estuário de Sado (adaptado de PSUTY & MOREIRA, 2000).



**Figura III.4-7** - Idade versus profundidade de materiais estudados em quatro sondagens (CM1, CM2, CM3 e CM4) efectuadas nas proximidades da actual foz do Rio Guadiana. Tipo de material datado: c - conchas, m - madeira; mo - matéria orgânica disseminada; p - turfa (adaptada de BOSKI et al., 2002).



**Figura III.4-8** - Curva de variação do nível médio do mar para a faixa costeira da região de Quarteira (Algarve - Portugal) (adaptada de TEIXEIRA e tal., 2005).



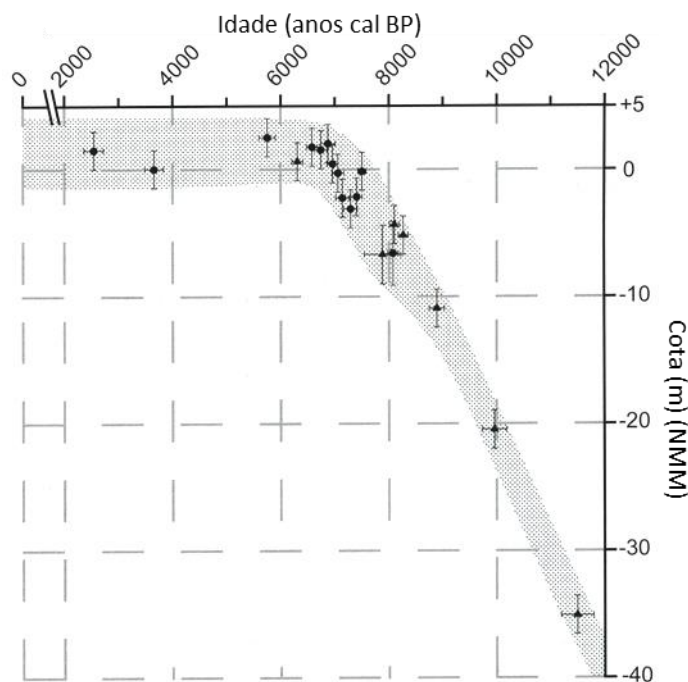
Mais recentemente, em 2009, VIS com base no estudo de sequências holocénicas obtidas no enchimento do paleovale do Rio Tejo e com recurso a vinte datações de radiocarbono obtidas em sete amostras basais das sondagens (directamente assentes sobre os depósitos arenosos fluviais, e por isso, consideradas sem compactação) e treze amostras não basais (mas consideradas pelo autor com compactação limitada), construiu um modelo de idades, para os últimos 11 500 anos cal BP (VIS (2009): “The time-depth data were plotted as points representing sampling depth.”). Para este modelo, as amostras foram criteriosamente escolhidas e os pontos apresentam barras horizontais e verticais de incerteza cuja amplitude se encontra justificada no mesmo trabalho e que suportam, segundo o autor, a escolha destas amostras como “sea-level index points”. Esses pontos e as suas incertezas foram envolvidos por uma área cinzenta que VIS apresenta como curva relativa do nível médio do mar (**Figura III.4-9**), para a região de Lisboa. Segundo o autor, este campo cinzento reflecte o intervalo entre o preia-mar médio (“mean high water”) e a cota da maré astronómica mais alta (“highest astronomical tide”). Não obstante a importância do trabalho, não podemos concordar com a afirmação de VIS quando refere, relativamente a esta curva, em 2009: “The curve presented here is the first for SW Europe that covers the Late Glacial and Holocene periods.”. Efectivamente, esta afirmação contém duas incorrecções:

- 1) Pelo exposto no ponto III.4.2 do presente capítulo, a curva de VIS, não constitui definitivamente a 1ª curva relativa do nível do mar para o território português, nem tão pouco para o litoral SW português. Existem outros trabalhos mais antigos, na costa norte, sudoeste e sul (ver presente capítulo);
- 2) Esta curva representa a variação relativa do nível do mar, segundo o autor, nos últimos 11 500 anos cal BP, pelo que já não abrange o período Tardiglacial (Late Glacial - ver ponto III.2.2, presente estudo) como referido por VIS. Aliás, para alguns autores o início do Holocénico deverá ter sido até mais prematuro, em 11 700 anos cal BP.

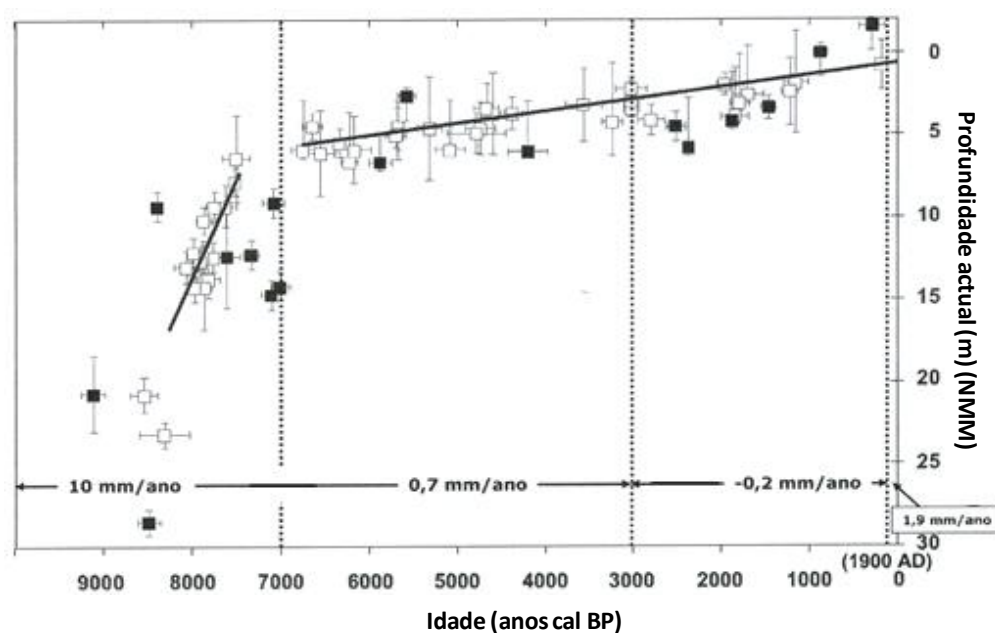
Esta curva estabelecida para a região de Lisboa, mostra, como todas as outras anteriormente referidas no presente capítulo, um início com uma subida muito acentuada, até há cerca de 7000 anos cal BP, período a partir do qual se assiste à desaceleração e à estabilização da subida do nível médio. No entanto, revela um aspecto que a diferencia das restantes: apresenta pontos acima do actual nível médio do mar (0m - NMM), todos a cotas inferiores a +2m (NMM), excepto um mais alto. A maior parte destes pontos têm idade próxima de 7000 anos cal BP, o que implica, segundo o autor que a colmatação do paleovale do Tejo se processava em amplas áreas devido ao abrandamento ou mesmo cessação da subida do nível médio do mar. No entanto, acrescenta-se que não devemos esquecer que a sedimentação estava a ocorrer, de acordo com os locais das amostras, num ambiente bem interior (todas a montante da Vila de Muge, excepto uma próxima de Vila Franca de Xira), pelo que é natural a existência de um gradiente altimétrico para montante, como consequência da deformação da maré quando propagada através de canais mais estreitos, sem que isso implique um nível do mar mais alto que o actual. Aliás, VIS (2009) refere muito bem que a curva representa “o limite superior do nível médio do mar”, com um erro aproximado de 5m.

Embora este sub-capítulo se reporte a curvas do nível do mar para o território português, achou-se importante inserir o gráfico sobre a variação relativa do nível médio do mar apresentada em 2010 por

CEARRETA (embora modificada a partir de LEORI & CEARRETA, 2009 in CEARRETA, 2010) (**Figura III.4-10**), para a costa Basca (Espanha - norte Península Ibérica), pela sua proximidade às curvas nacionais. Esta curva apresenta valores da mesma ordem de grandeza, coincidindo com os intervalos temporais registados para o litoral português. Note-se que até há cerca de 7000 anos BP as taxas apontam subida de 10mm/ano (9-12mm/ano), período a partir do qual se assiste à desaceleração para 0,7mm/ano, que se mantém durante cerca de 4000 anos. A partir dos 3000 anos cal BP, estes autores indicam uma quase estabilização ou mesmo uma ligeira descida (como reajuste isostático), valor que contrasta com os registados no século XX de 1,9mm/ano.



**Figura III.4-9** - Curva de variação do nível médio do mar obtida para a região do Tejo - Lisboa (adaptada de VIS, 2009).



**Figura III.4-10** - Gráfico de pontos indicadores do nível marinho na costa basca espanhola mostrando as idades calibradas versus a profundidade relativa ao actual nível médio do mar (adaptada de CEARRETA, 2010).

Desde a proposta de DIAS na década de oitenta, os estudos no litoral de Portugal e a procura da variação do nível médio do mar e consequentemente a identificação das modificações que o litoral sofreu para entrar progressivamente em equilíbrio face às constantes pressões da subida eustática do mar desde o tardiglaciário (factor global), tem sido tema de contínua investigação, avolumando-se as contribuições da comunidade científica, que se apresentam, sem querer ser demasiado exaustivo, na **Tabela III.4-2**.

**Tabela III.4-2 - Trabalhos com contribuições para a avaliação da variação do nível médio do mar e evolução dos ambientes costeiros em Portugal durante o Plistocénico e o Holocénico (macro escala temporal).**

Área de influência do estudo	Trabalhos publicados por ordem cronológica Data - Autores	Área de influência do estudo	Trabalhos publicados por ordem cronológica Data - Autores
Plataforma Norte Portuguesa	1985 - DIAS 1987 - DIAS 1989 - RODRIGUES & DIAS 1990 - RODRIGUES <i>et al.</i> 1991 - RODRIGUES <i>et al.</i> 1993 - DIAS & RODRIGUES 2001 - RODRIGUES 2002 - DIAS <i>et al.</i>	Lagoa de Santo André	2002 - HENRIQUES <i>et al.</i> 2003e - FREITAS <i>et al.</i> 2003 - CEARRETA <i>et al.</i> 2003 - SANTOS & SÁNCHEZ GOÑI 2005 - CACHÃO <i>et al.</i> 2005 - FREITAS & ANDRADE 2013 - RAMOS
Litoral Norte	1995 - GRANJA 1996 - GRANJA & de GROOT 1999 - GRANJA 2005 - GRANJA 2006 - SOARES de CARVALHO <i>et al.</i> 2010 - GRANJA	Poços do Barbaroxa Lagoa da Sancha	2006 - FERREIRA <i>et al.</i> 2007 - FREITAS <i>et al.</i> 2009b - CRUCES <i>et al.</i> 2010 - CRUCES <i>et al.</i>
Estuário do Minho	2005 - CACHÃO <i>et al.</i> 2005 - DRAGO 2005 - ARAÚJO <i>et al.</i> 2005 - GUERREIRO <i>et al.</i> 2005 - MORENO & FATELA	Estuário do Mira	2005 - FREITAS & ANDRADE 2006 - ALDAY <i>et al.</i>
Rio Leça	1962 - GALOPIM de CARVALHO & RIBEIRO	Ribeira de Aljezur	2005 - FREITAS & ANDRADE
Estuário do Douro	2002 - NAUGHTON 2002 - NAUGHTON <i>et al.</i> 2005 - CACHÃO <i>et al.</i> 2005 - DRAGO 2007 - NAUGHTON	Algarve	1998 - TEIXEIRA <i>et al.</i> 2010 - BOSKI <i>et al.</i>
Rio Lis	2010 - GONÇALVES & DINIS	Sotavento Algarvio	1994 - BETTENCOURT
Paleolaguna da Pederneira	2010d - FREITAS <i>et al.</i> 2010 - HENRIQUES <i>et al.</i> 2010 - MOREIRA <i>et al.</i>	Região de Quarteira	1999 - TEIXEIRA 1999/2000 - ROCHA & BARROS 1999/2000 - SIMPLÍCIO & BARROS 1999/2000 - TEIXEIRA 2002 - TEIXEIRA & PINTO 2003 - SOARES <i>et al.</i> 2004 - TEIXEIRA 2005 - TEIXEIRA <i>et al.</i>
Paleolaguna da Pederneira, de Alfeizerão e Lagoa de Óbidos	2002 - HENRIQUES <i>et al.</i> 2005 - DINIS <i>et al.</i> 2006 - DINIS <i>et al.</i>		
Rio Sizandro	1989 - HOFFMAN 2010 - DAMBECK <i>et al.</i>	Armação de pêra (Algarve)	1994 - PEREIRA & SOARES
Rio Tejo	2009 - VIS	Baía de Lagos (Algarve)	1994 - PEREIRA <i>et al.</i>
Lagoa de Albufeira	1995 - FREITAS 1999 - BAO <i>et al.</i> 2002 - HENRIQUES <i>et al.</i>	Estuário Boina-Arade	2005 - BOSKI <i>et al.</i>
Estuário do Sado	1985 - MOREIRA 1993 - MOREIRA & PSUTY 2000 - PSUTY & MOREIRA	Estuário Gilão-Almargem	2005 - BOSKI <i>et al.</i> 2008 - BOSKI <i>et al.</i>
Plataforma litoral alentejana	1986 - QUEVAUVILLER 1986a - QUEVAUVILLER & MOITA 1986b - QUEVAUVILLER & MOITA 2005 - BRITO <i>et al.</i>	Estuário do Guadiana	1989 - HOFFMAN 1999 - BOSKI <i>et al.</i> 2002 - BOSKI <i>et al.</i> 2005 - BOSKI <i>et al.</i>
Lagoa de Melides	1993 - ANDRADE & FREITAS 1993 - FREITAS <i>et al.</i> 2002c - FREITAS <i>et al.</i> 2002 - HENRIQUES <i>et al.</i> 2005 - CACHÃO <i>et al.</i> 2005 - FREITAS & ANDRADE 2006 - CABRAL <i>et al.</i> 2010 - CABRAL <i>et al.</i>		

A evolução do litoral norte destaca-se por se encontrarem níveis holocénicos a cotas superiores ao actual nível do mar, bem como se observarem deformações tectónicas afectando alguns dos depósitos, factos que são interpretados pelos investigadores como evidências de neotectonismo na região (SOARES de CARVALHO *et al.*, 2006). No entanto, no segmento entre o Douro e Minho (**Tabela III.4-2**), o estudo do

registo geológico mostra sequências sedimentares idênticas às obtidas na evolução do litoral do SW alentejano, não indicando movimentações tectónicas verticais.

No litoral da região centro, sudoeste e sul a evolução processa-se principalmente pelo assoreamento dos antigos vales fluviais plistocénicos, sem se terem encontrado até ao momento evidências de níveis holocénicos mais elevados que o actual. Veja-se a título de exemplo desta evolução os estudos efectuados no Estuário do Mira, do Guadiana, da Lagoa de Melides, de Santo André e da antiga Lagoa da Pederneira (Nazaré) (**Tabela III.4-2**). No registo geológico desta faixa costeira portuguesa as espessas sequências sedimentares mostram que a evolução do litoral se processou, embora sob constante subida do nível do mar (eustatismo positivo), em duas fases distintas:

- 1 - Regime Transgressivo: durante o holocénico antigo, contemporaneamente a taxas de subida elevadas (na ordem dos 10mm/ano). Os antigos depósitos fluviais são cobertos por materiais de génese marinha/estuarina e posteriormente por depósitos de ambiente estuarino confinado/lagunar. Esta evolução deverá ter ocorrido até há aproximadamente 7000 anos cal BP;
- 2 - Regime Regressivo (regressão forçada): quando se assiste à desaceleração da taxa de subida do mar e à estabilização do nível de base, o litoral entra em equilíbrio, ocorrendo intenso afluxo de material detrítico que ou promove elevado assoreamento, ou fica disponível para construção de formas anamórficas costeiras (restingas, ilhas barreira, complexos dunares) que promoveram o confinamento dos estuários ou mesmo o seu isolamento, transformando-os em ambientes lagunares. O assoreamento prolonga-se até aos dias de hoje com a redução da área estuarina/lagunar como consequência da progradação dos leques fluviais ou do avanço das barreiras arenosas, que cobrem os antigos depósitos estuarinos/lagunares

Esta evolução faseada é sinónima de que na primeira metade do Holocénico foram os factores globais (principalmente as oscilações glacio-eustáticas) que mais condicionaram a evolução do litoral, enquanto na última, com a estabilização do nível de base, foram efectivamente os factores locais (principalmente a disponibilidade sedimentar) que se impuseram aos globais.

A análise de registos de marégrafos posicionados nas regiões costeiras, tem constituído o método principal para a avaliação da variação do nível do mar no século XX (FERREIRA *et al.*, 2008) e XXI, ou seja nos tempos históricos e actuais (meso e microescala temporal). Para estimar a tendência do nível do mar deve utilizar-se uma série temporal longa, superior a 50 anos (DOUGLAS, 1991, *in* FERREIRA *et al.*, 2008). No entanto, os registos maregráficos portugueses reportam-se na sua maioria a intervalos temporais menores, veja-se o trabalho de ARAÚJO (2002). A autora utiliza o registo de 31 marégrafos existentes na península ibérica, quando apenas 20 dos quais têm séries superiores a 10 anos (não referindo quantos têm registos superiores a 50 anos). A utilização de registos tão curtos é desadequada/insuficiente para estudos fidedignos da variação do nível médio do mar a uma escala temporal longa.

A regressão linear efectuada aos dois mais longos registos existentes no litoral continental português, nomeadamente aos das estações de Cascais (104 anos) e de Lagos (78 anos), indica tendências médias de subida de  $1,3 \pm 0,1$  e  $1,5 \pm 0,2$  mm/ano (TABORDA & DIAS, 1989; DIAS & TABORDA, 1992) (**Figura III.4-11**), respectivamente. Encontraram-se taxas mais elevadas de 16,8mm/ano após análise da série

temporal de 10 anos do marégrafo de Angra do Heroísmo - Açores (TABORDA & DIAS, 1989). No entanto, os autores consideram que os dados são claramente insuficientes, referindo que apenas as séries temporais mais longas (Cascais, Leixões) podem ser conduzir a resultados sólidos. Embora se aponte uma taxa de subida do nível médio, para o marégrafo de Cascais, de  $1,3 \pm 0,1$  mm/ano, DIAS & TABORDA (1992) referem que a análise do registo sugere que a evolução temporal não se pautou por uma subida contínua. Efectivamente, o registo mostra uma ligeira descida entre o final do século XIX e o ano de 1920, com valor médio de  $0,5 \pm 0,4$  mm/ano, ano a partir do qual (1920-1987) o sinal é positivo com valor de  $1,7 \pm 0,2$  mm/ano. Ao decréscimo do início da série, os autores associam o período de transição entre a Pequena Idade do Gelo (LIA - Little Ice Age) e as presentes condições climáticas mais quentes.

O registo do marégrafo de Cascais (mais antigo marégrafo da península ibérica que contém a uma das séries mais longas do mundo) é utilizado em trabalhos mais recentes (ANTUNES & TABORDA, 2009), desta vez a série temporal entre 1882 e o ano 2008 (126 anos, 80% da série completa). Para retirar as oscilações sazonais e inter-anuais que estão relacionadas com circulação oceânica global, com a pressão atmosférica e regime de ventos os autores determinaram uma média móvel (intervalo temporal de 10 anos) da média mensal. Os resultados confirmam a segmentação do registo em dois períodos diferentes. Uma 1ª fase até 1920 que revela sinal negativo de  $-1,8$  mm/ano e uma 2ª fase com taxa positiva de  $1,9$  mm/ano (**Figura III.4-12**). No entanto, a segunda fase não se pauta por uma subida gradual. O padrão mostra oscilações positivas e negativas, com valores mínimos de  $-3,0$  mm/ano entre 1966 e 1977 e máximos de  $5,2$  mm/ano entre 1937 e 1949 (**Figura III.4-12**), evidenciando que a variação do nível médio do mar teve períodos de aceleração/desaceleração. Os mesmos autores salientam ainda que, o registo das duas últimas décadas do séc. XX (1977 a 2000) se mostra mais regular, com uma taxa de subida de  $2,1 \pm 0,1$  mm/ano.

A avaliação dos registos de 31 marégrafos da Península Ibérica, efectuada por ARAÚJO (2002, já referido), também revela que a tendência de subida do nível do mar nem sempre é positiva. De facto, da totalidade dos registos 6 apresentam tendência de descida, entre eles está o localizado em Aveiro (embora com uma série temporal muito curta).

Os valores das oscilações do nível médio do mar obtidos nos registos dos marégrafos, mesmo que corrigidos das oscilações sazonais e inter-anuais que estão relacionadas com circulação oceânica global, com a pressão atmosférica e regime de ventos, correspondem a **variações relativas** do nível médio do mar, pois não entram em conta com possíveis movimentos verticais da crosta. Para se obterem **valores absolutos** válidos para comparações com a subida do nível médio do mar global, deve ter-se em conta os possíveis movimentos verticais a que o marégrafo pode estar sujeito (ANTUNES & TABORDA, 2009) (assentamento/subida tectónica).

Em Portugal existem evidências de movimentos neotectónicos na região NW de que colocam depósitos holocénicos em posições mais elevadas que o actual nível do mar (GRANJA, 1999). Efectivamente, no quadro tectónico actual, Portugal apresenta movimentos verticais neotectónicos (CABRAL, 1995) que devem ser considerados, para cada sector do litoral em análise, quando se efectuam estudos sobre a variação relativa/absoluta do nível do mar. Para a região de Cascais, são referidos no trabalho de ANTUNES & TABORDA (2009) três velocidades de movimentos verticais:

- a) Solução S1: -1,3mm/ano, EUREF-Abril2008;
- b) Solução S2: +2,0mm/ano, EUREF-Outubro2008;
- c) Solução S3: +0,5mm/ano, comparação com a subida global do nível do mar.

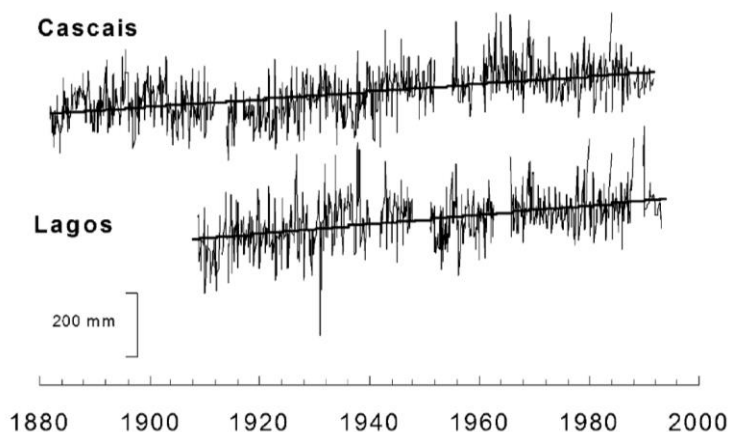
As duas primeiras soluções resultam da “EUREF Permanent Network”, rede de monitorização de um sistema de coordenadas GPS por toda a Europa com dados disponíveis em <http://www.epncb.oma.be/> (a taxa de movimento vertical de +2,0mm/ano, apresentado na solução 2, está muito longe de 0,1mm/ano, taxa proposta para esta região por CABRAL, 1985 *in* ANTUNES & TABORDA, 2009). A 3ª solução de +0,5mm/ano, não resulta de dados medidos no terreno tendo sido calculada por ANTUNES & TABORDA (2009), para a região de Cascais assumindo que neste litoral a subida do nível médio do mar é igual à taxa global de 3,0mm/ano.

Uma das mais importantes contribuições do estudo das oscilações do nível médio do mar é permitir a sua extrapolação para o futuro. Tendo em conta as três soluções previamente referidas (S1, S2 e S3), ANTUNES & TABORDA (2009) referem que em 2100 o nível médio do mar estará 47cm mais elevado, com um intervalo de confiança de 95%, entre 19 e 75cm (**Figura III.4-13**). Estes valores estão dentro das projecções apresentadas pelo Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) em 2001 e 2007 (**Figura III.4-13**). No entanto, refere-se que a projecção para 2100 de ANTUNES & TABORDA (2009), baseada na solução S3, assume que a subida da temperatura no futuro seguirá o padrão actual. Sabendo que a variação da Temperatura Superficial do Atlântico Norte é um dos factores principais da expansão térmica dos oceanos é então estimada a subida do nível médio do mar (a comparação entre as observações recentes do marégrafo de Cascais e os registos da variação da Temperatura Superficial do Atlântico Norte mostram forte concordância - DIAS E TABORDA, 1992). No entanto, se assumirmos que a temperatura terá um comportamento distinto, o nível médio do mar pode seguir esse padrão e poderá vir a ser substancialmente superior ao esperado (**Figura III.4-13** - Projecções de RAMHSTORF, 2007, *in* ANTUNES & TABORDA, 2009).

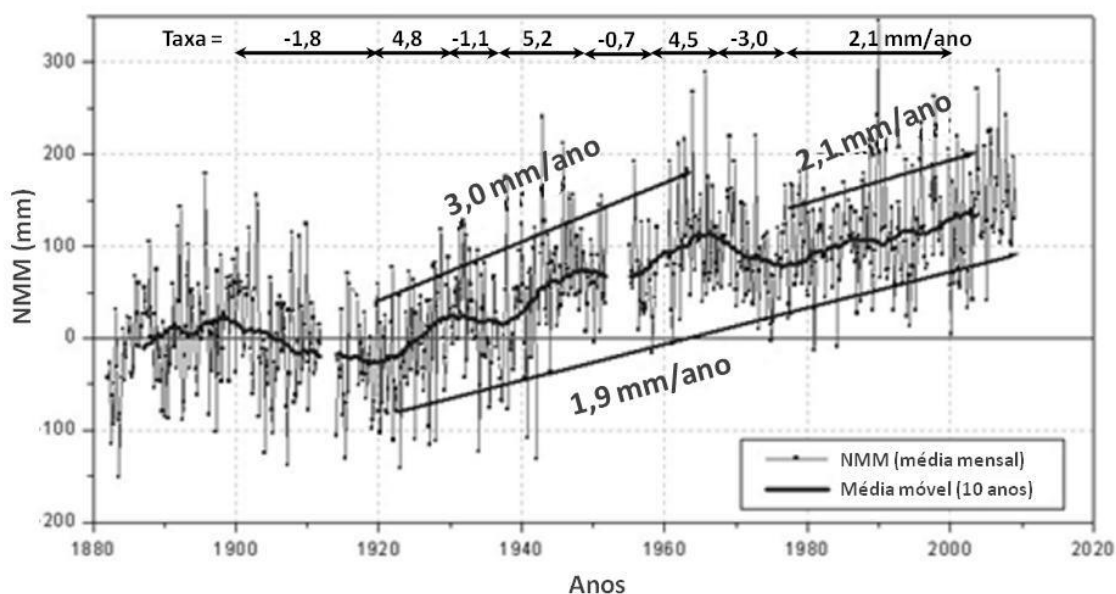
No quadro actual, pode afirmar-se que, o litoral português é já fortemente afectado por erosão costeira, causada principalmente por deficiência de afluência de sedimentos ao litoral. De acordo com os estudos de FERREIRA *et al.* (1990, *in* DIAS *et al.*, 2002) estima-se que apenas 10 - 20% da erosão costeira resulta da subida do nível do mar, enquanto os restantes 80 - 90% são consequência do défice sedimentar ao litoral. Embora com um peso menor na erosão costeira, a subida do nível médio do mar irá ver aumentar os fenómenos erosivos.

Podem citar-se, a título de exemplo, várias implicações da subida do nível do mar nas regiões costeiras: regressão da linha de costa, erosão costeira, ocorrência de enchentes, destruição de estruturas costeiras, intrusão salina (aquéferos, rios).

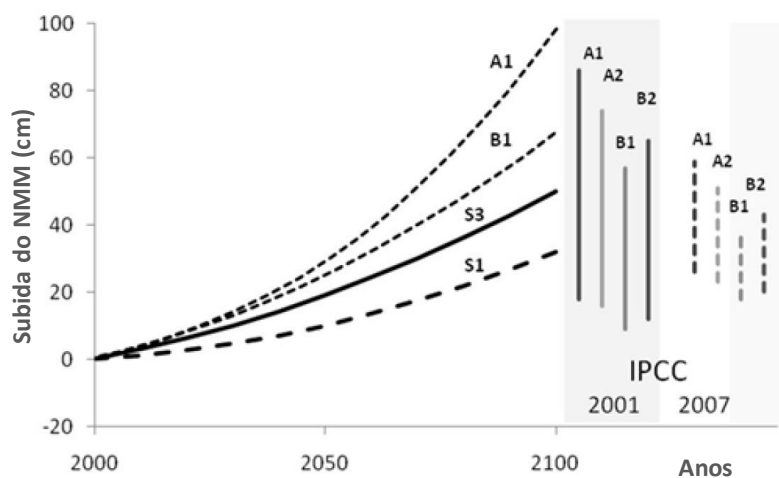
Pelo exposto, a avaliação/quantificação diferenciada do grau de influência de cada factor forçador global/regional (**Tabela III.4-1**) na variação do nível do mar reveste-se de extrema importância para cada região costeira, que em consequência apresentará uma curva de variação relativa do nível médio do mar própria.



**Figura III.4-11** - Registo do marégrafo de Cascais e Lagos (retirada de FERREIRA et al., 2008).



**Figura III.4-12** - série mensal da média mensal do nível médio do mar no marégrafo de Cascais. A curva a negrito representa a média móvel com intervalo de 10 anos. Em cima estão as taxas de subida do NMM estimadas para os vários intervalos temporais (adaptado de ANTUNES & TABORDA (2009).



**Figura III.4-13** - Projecções do NMM obtidas com as soluções S1 e S3, para o marégrafo de Cascais (ANTUNES & TABORDA, 2009), comparadas com as de RAMHSTORF (2007) e as do IPCC (2001 e 2007) (adaptado de ANTUNES & TABORDA (2009).





## CAPÍTULO IV

---

### ENQUADRAMENTO DA ÁREA EM ESTUDO



Vista aérea para nascente da Lagoa de Melides  
© J.Boeiro - 4/4/2008

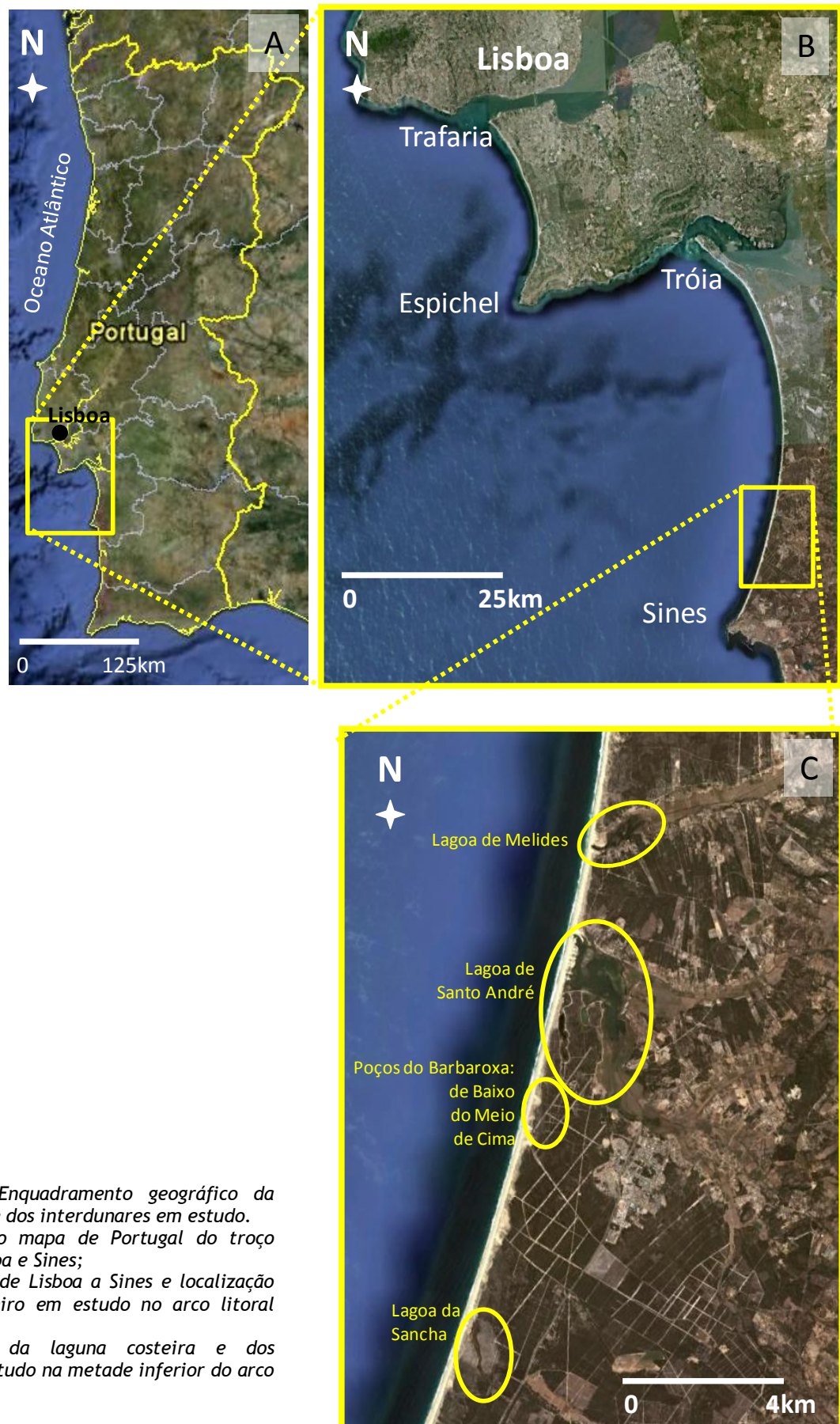
## IV.1 Enquadramento geográfico e características gerais

A laguna de Melides, bem como os quatro ambientes lacustres interdunares em estudo (Interdunares húmidos: Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima e Lagoa da Sancha) situam-se no litoral SW alentejano, na metade inferior do arco litoral Tróia-Sines (**Figura IV.1-1**), pertencendo todos ao distrito de Setúbal. A Lagoa de Melides insere-se no concelho de Grândola e está localizada 3 km a norte da Lagoa de Santo André, a Lagoa da Sancha no de Sines e os restantes no concelho de Santiago do Cacém. A cobertura topográfica dos cinco locais em estudo e as respectivas bacias hidrográficas, é efectuada pelas Cartas Militares de Portugal nº 494 (Melides (Grândola) de 2008), nº 495 (Grândola de 2009), nº 505 (Santo André (Santiago do Cacém) de 2009), nº 506 (S. Francisco da Serra (Santiago do Cacém) de 2009), nº 516 (Santiago do Cacém de 2009) e nº 517 (S. Bartolomeu da Serra de 2008), à escala 1/25 000, editadas pelos Serviços Cartográficos do Exército (actual Instituto Geográfico do Exército).

Como estarão em análise dois tipos de ambientes costeiros distintos - lagunas e interdunares - a descrição morfológica será efectuada em separado, começando-se pelo ambiente lagunar.

A laguna de Melides, é alimentada por uma rede de drenagem com área aproximada de 65 km<sup>2</sup>, encontrando-se isolada do oceano por uma barreira arenosa, contínua, ancorada em terra por ambas as extremidades, por vezes interrompida por uma barra de maré única, aberta natural ou artificialmente. Uma vez aberta essa barra evolui condicionada pela acção das ondas e correntes encerrando naturalmente pouco tempo depois (dias a 1 mês), não ultrapassando normalmente mais de uma semana.

A laguna de Melides, de forma alongada, apresenta o eixo maior de 1,5km orientado NE-SW, oblíquo ao traçado da linha de costa, com largura máxima de 375m e área molhada que não ultrapassa, geralmente 0,4 km<sup>2</sup> (**Figura IV.1-2**). A interpretação geomorfológica (**Figura IV.1-3**) efectuada a partir de fotografias aéreas (voo de 1989, escala original 1/8000) permite identificar na barreira que confina a poente esta laguna, a presença de uma paleorestinga ancorada a norte que cresceu para sul à custa da acreção de vários “ganchos” recurvados para nascente. Na região sotamar desta forma encontra-se o raso de barreira posicionado a cotas mais baixas e que em período de barra de maré inactiva com elevada cota do plano de água lagunar se inunda, enriquecendo as areias que o constituem em material detrítico dimensionalmente mais fino e em matéria orgânica. No espaço lagunar mais a montante é evidente a presença da frente de progradação deltaica, correspondendo ao avanço dos depósitos fluviais sobre os sedimentos lagunares. No espaço lagunar o aspecto mais importante a realçar é o canal de escoamento, que se encontra descentrado no espaço lagunar, posicionando-se próximo da margem sul. Na região vestibular constitui um canal único, estreito (tipo “gargalo”), encontrando-se a cota da sua base próxima de -2m (ZH) (**Figura IV.1-4**), enquanto para a região mais a montante este canal bifurca em duas “veias” que se encostam às margens norte e sul. O restante espaço lagunar encontra-se muito assoreado, posicionando-se a maior parte dos fundos acima do zero hidrográfico (entre 0 e +2m, ZH).

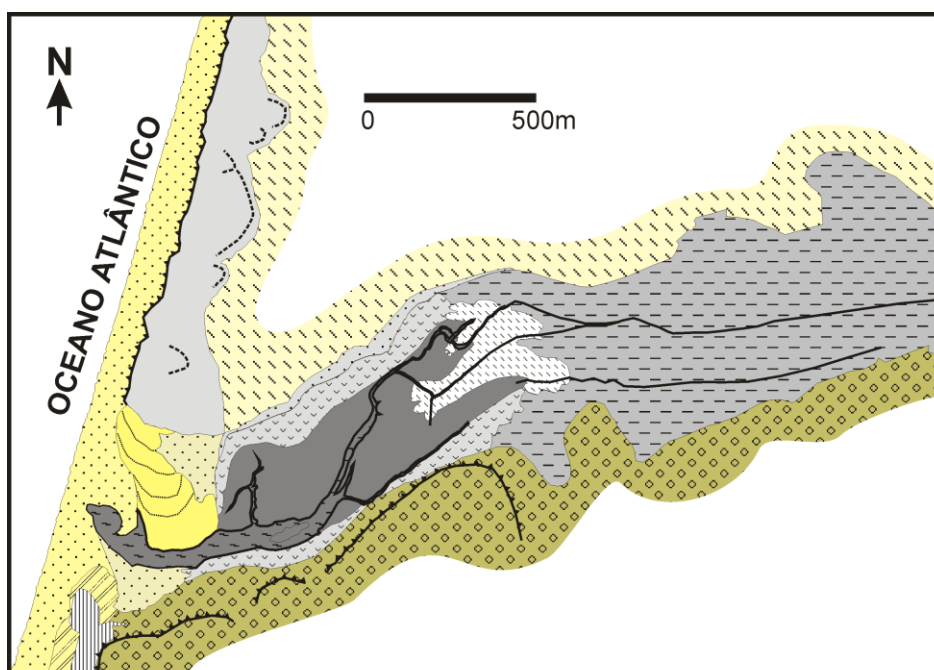


**Figura IV.1-1** - Enquadramento geográfico da laguna de Melides e dos interdunares em estudo.  
 A - Localização no mapa de Portugal do troço costeiro entre Lisboa e Sines;  
 B - Troço costeiro de Lisboa a Sines e localização do segmento costeiro em estudo no arco litoral Tróia-Sines;  
 C - Localização da laguna costeira e dos interdunares em estudo na metade inferior do arco litoral Tróia-Sines.

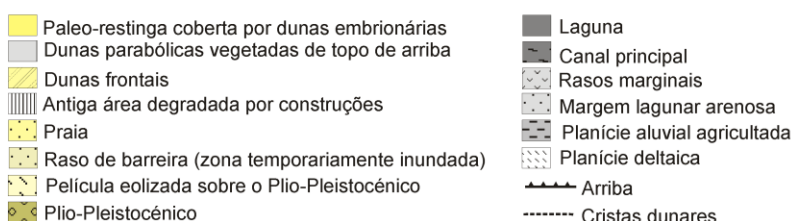




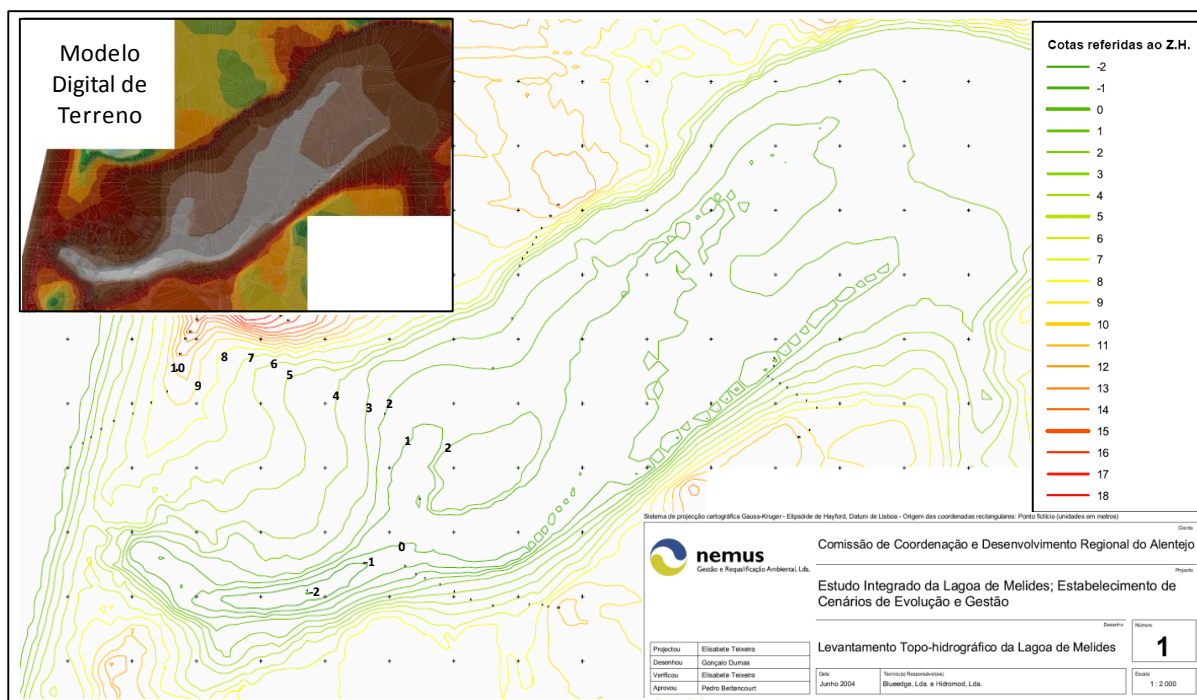
**Figura IV.1-2** - Lagoa de Melides nas Cartas Militares nº 494 (Melides - Grândola, 2008) e 505 (Santo André - Santiago do Cacém, 2009), editadas pelo IGeoE, com escala original de 1/25 000.



**Figura IV.1-3** - Esboço geomorfológico da lagoa de Melides (base: fotografias aéreas de voo de 1989, escala original 1/8000).



Esta morfologia assimétrica dos fundos da lagoa de Melides (**Figura IV.1-4**), onde a metade norte se revela mais assoreada, contrastando com a metade sul onde se implanta o canal principal de escoamento, tem consequências na dinâmica do hidrossoma lagunar. Em períodos de barra inactiva e elevada cota do plano de água lagunar, o diferente posicionamento altimétrico dos fundos da lagoa (entre -2 e +2m, ZH) produz diferenças na espessura de coluna de água, que pode ser de 4m. Esta diferença na espessura do hidrossoma é suficiente para em determinada época do ano parte da lagoa apresentar uma massa de água não estratificada nos locais menos profundos, enquanto nos mais profundos o hidrossoma se revela estratificado, com todas as consequências inerentes.



**Figura IV.1-4** - Levantamento topohidrográfico da laguna de Melides efectuado pela empresa NEMUS em 2004 (imagem adaptada da original, NEMUS, 2004).

Os quatro ambientes lacustres interdunares em estudo (Interdunares Húmidos: Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima e Lagoa da Sancha), inserem-se num troço do Complexo Dunar Antigo (CDA) que se estende desde o sul da Lagoa de Santo André até ao Cabo de Sines. Nesta região, o CDA é constituído por uma série de cristas e depressões alongadas com direcção N-S, com cotas apicais que não excedem os 50m (NMM) (vértices geodésicos AREIAS BRANCAS, SANCHA e CARACOLA - **Figura IV.1-5**). As depressões entre cristas, dependendo da cota da sua base, podem apresentar-se secas, temporalmente inundadas ou permanentemente inundadas. No primeiro caso, denominados de “interdunares secos” (“dry dune slacks”) estão todas as depressões cuja cota da base se posiciona acima dos 5m (NMM), enquanto nas restantes com cotas abaixo deste valor a periodicidade e extensão da inundaçã dependem dos principais contribuintes hídricos dos quais se encontram dependentes, denominando-se de “interdunares húmidos” (“wet dune slacks”). Neste último caso estão as depressões dunares dos Poços do Barbaroxa (Baixo, Meio e Cima), do Pinheirinho, da Garça e a Lagoa da Sancha. A manutenção do nível freático permanentemente próximo ou acima da superfície topográfica proporciona condições de paludificação permanente, produzindo a acumulação contínua de sedimentos principalmente orgânicos (turfas ou limos orgânicos). Para o hidrossoma presente nestes ambientes lacustres costeiros existem três tipos principais de componentes contribuintes: a) pluvial; b) fluvial (+ nível freático); e c) mareal.

No litoral alentejano, a região dunar, caracterizada por apresentar ausência de rede de drenagem ou rede de drenagem de baixa densidade como consequência da elevada permeabilidade das formações plio-quaternárias, essencialmente detríticas, apresenta frequentemente um tipo de drenagem de carácter endorreico, com fracos caudais, insuficientes para romper as barreiras arenosas vestibulares, contribuindo para que nas zonas mais deprimidas do CDA ocorram pantânos e turfeiras (desde que o nível freático

aflore). É efectivamente a existência/ausência de bacia hidrográfica que distingue os ambientes lacustres interdunares em estudo. Os Poços do Barbaroxa, posicionados ao longo da mesma depressão dunar (**Figura IV.1-5**) não têm rede de drenagem desenvolvida, enquanto a Lagoa da Sancha colecta água fluvial proveniente de uma bacia associada ao Barranco dos Bêbados com 35km<sup>2</sup>. Efectivamente, a Lagoa da Sancha é o único interdunar neste vasto Complexo Dunar Antigo com bacia de drenagem, o que não é facilmente explicável mas que pode estar relacionado com a sua evolução nos últimos 1000 anos (ver capítulo VI.2.4.2 Lagoa da Sancha - Macroescala).

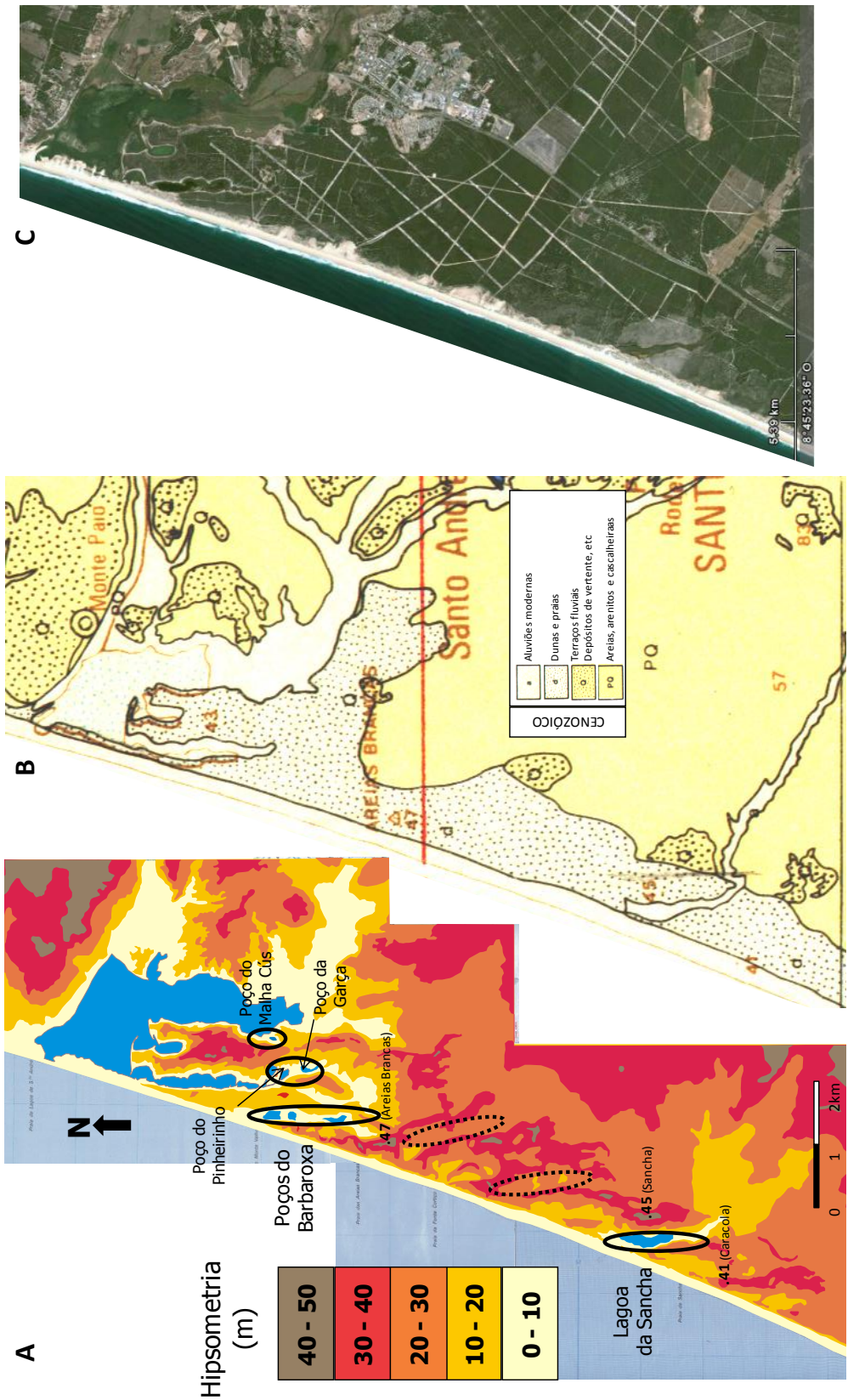
Os Poços do Barbaroxa de Baixo (BB), Barbaroxa do Meio (BM) e Barbaroxa de Cima (BC) correspondem a ambientes lacustres interdunares de reduzidas dimensões (0,033 - 0,016 - 0,027km<sup>2</sup>, respectivamente) que se posicionam ao longo da mesma depressão dunar (**Figura IV.1-5, IV.1-6**). Mais a sul e ocupando uma depressão mais a oeste, encontra-se a Lagoa da Sancha com uma área de 0,12km<sup>2</sup>. Nestas depressões dunares, o nível de água varia sazonalmente, em função principalmente do nível piezométrico mas em média nunca excede 1m de espessura. Pode afirmar-se que a extensão da inundação é maior na Lagoa da Sancha seguindo-se por ordem decrescente o Poço do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima. Este último não revela nenhuma clareira sem vegetação indiciadora de sedimentação em ambiente límico, encontrando-se num estado de terrestrialização mais avançado que os restantes. Na época estival quente, a espessura dos hidrossomas reduz-se e pode mesmo ocorrer secagem completa com consequente exposição dos sedimentos de fundo do interdunar. A entrada de água marinha proveniente de galgamento oceânico da barreira arenosa só ocorre no Poço do Barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha, por serem as depressões que se encontram mais próximas do actual cordão dunar (**Figura IV.1-5, IV.1-6**), que é galgado em alguns temporais. Esta última, em tempos mais remotos, estabelecia comunicação com o mar através de uma barra de maré idêntica às descritas nas lagoas de Melides e Santo André. No entanto, aqui esta ligação era muito mais rara e só ocorria por rompimento natural do cordão arenoso como consequência de elevadas cotas do plano de água lagunar. A última ligação conhecida desta Lagoa ao mar ocorreu no ano de 1967<sup>2</sup>, ano com Inverno extremamente pluvioso<sup>3</sup>. Num ambiente dunar, a existência de locais com maior disponibilidade de água promove o aparecimento de comunidades vegetais específicas, encontrando-se como plantas mais abundantes o *Cladium mariscus* nos Poços do Barbaroxa e a *Phragmites australis* na Lagoa da Sancha, comunidades que favorecem a acumulação de matéria orgânica e a formação de turfa.

<sup>2</sup> Informação oral do pescador João (mais conhecido como João “Balofo”) da Lagoa de Santo André.

<sup>3</sup> Em Lisboa, esse Inverno causou enormes cheias e centenas de mortos.



**Figura IV.1-5 - A - Hipsometria da região litoral entre os Poços do Barbaroxa e a Lagoa da Sancha (base topográfica - Cartas Militares de Portugal, escala 1/25 000, nº 505 e 516), onde se assinalam as depressões do Complexo Dunar Antigo (as assinaladas a tracejado negro correspondem a dois interdunares cujas cotas do fundo são mais elevadas que as dos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha, pelo que o nível freático não aflora); B - Unidades geológicas presentes na mesma região (retirada Folha nº 7 da Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa); C - Imagem de Satélite - 2008 (Google Earth). Note-se o limite nítido entre o cordão frontal dunar actual (de cor mais clara, resultante da baixa densidade de cobertura vegetal, predominantemente rasteira) e o Complexo Dunar Antigo a nascente mais vegetado, onde há predomínio de espécies arbóreas.**





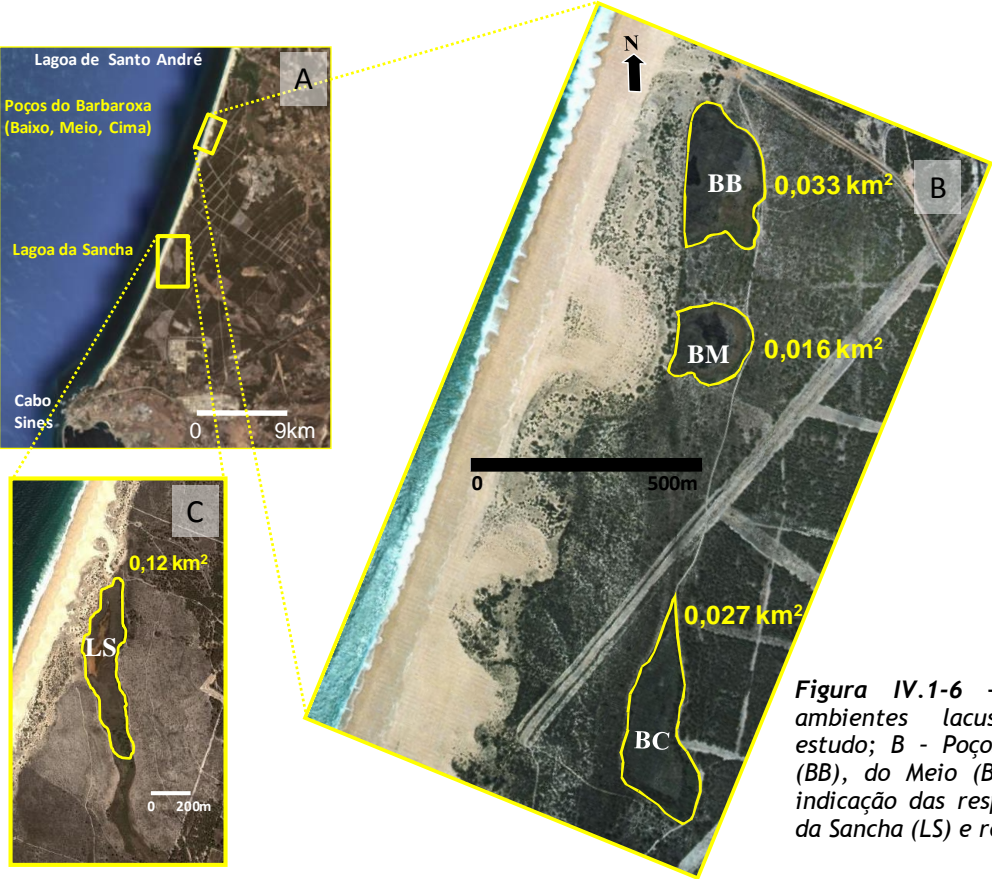


Figura IV.1-6 - A - Localização dos ambientes lacustres interdunares em estudo; B - Poços do Barbaroxa de Baixo (BB), do Meio (BM) e de Cima (BC) com indicação das respectivas áreas; C - Lagoa da Sancha (LS) e respectiva área inundada.

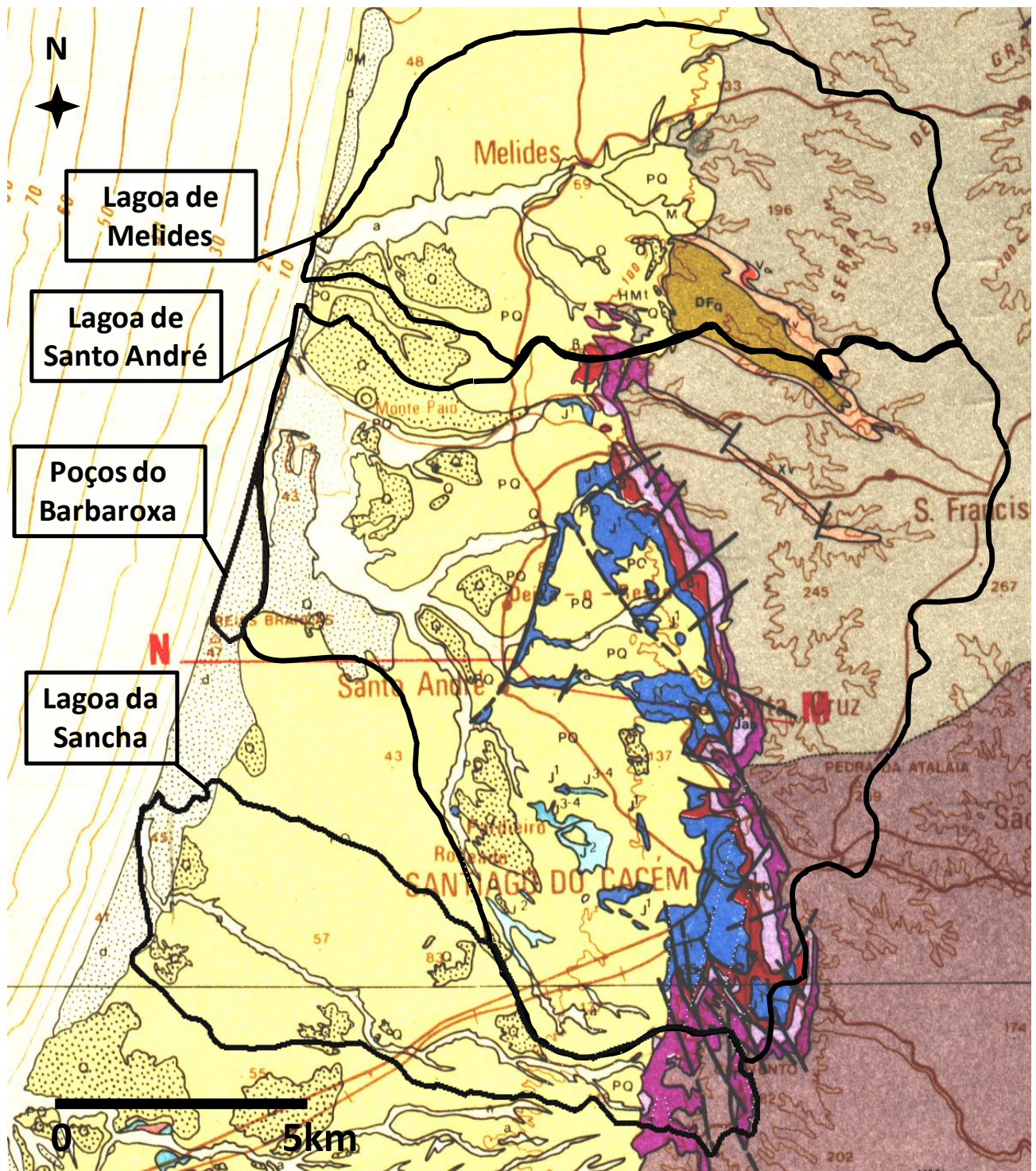
IV.2 Enquadramento Geológico

O conhecimento das litologias que servem de substrato às bacias hidrográficas dos ambientes lagunares e lacustres interdunares é de vital importância, na medida em que condicionam as características litológicas e texturais dos materiais alóctones aí depositados, bem como parte do quimismo dos seus hidrossomas. O acarreio terrígeno que atinge estes ambientes, de menor importância nos Poços do Barbaroxa por não terem bacias hidrográficas associadas, é proveniente de um leque variado de litologias, sendo igualmente vasto o conjunto das idades das rochas que compõem o substrato, abrangendo formações desde o Paleozóico até à actualidade (*Figura IV.2-1*). Estas afloram ao longo de faixas com orientação geral aproximadamente N-S, decrescendo de idade para ocidente. Em todos os ambientes dominam as litologias detríticas cenozóicas, com especial ênfase na bacia da Lagoa da Sancha onde ultrapassam os 90% da sua área (*Tabela IV.2-1*). A folha 7 da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:200 000, editada em 1984 pelos Serviços Geológicos de Portugal contém a área em estudo.

Tabela IV.2-1 - Áreas ocupadas pelas diferentes litologias nas bacias hidrográficas dos ambientes em estudo.

Substrato	Melides		Lagoa da Sancha	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Cenozóico	37,6	57	31,8	91,1
Mesozóico	1,1	2	1,8	5,3
Paleozóico	26,7	41	1,3	3,6
Área total	65,4		34,9	





**Figura IV.2-1** - Carta geológica (+ legenda) da área das bacias hidrográficas dos ambientes lagunar e lacustres em estudo com o limite a negro das respectivas bacias (adaptado da Carta Geológica de Portugal à escala de 1/200 000, folha 7, S.G.P.).



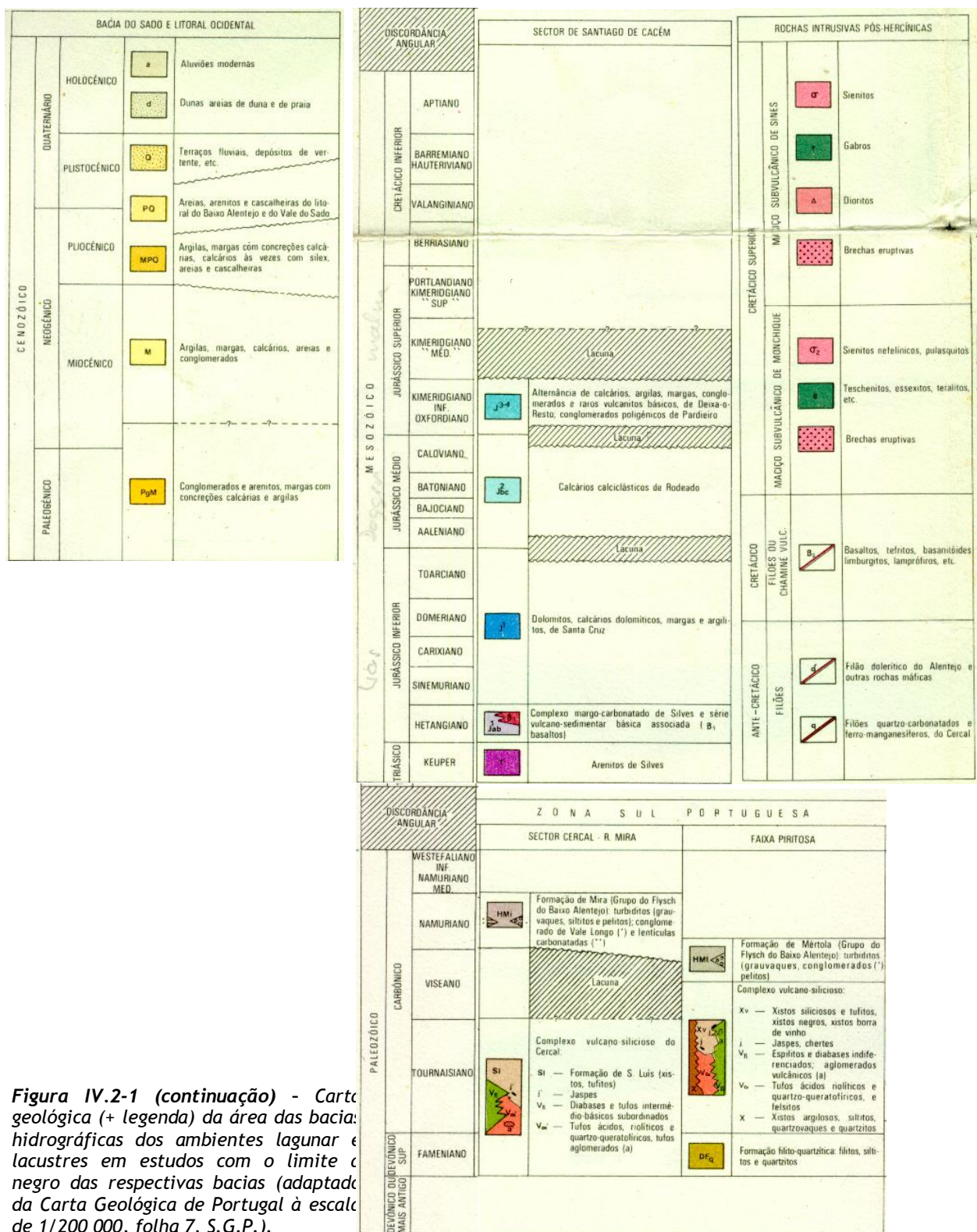


Figura IV.2-1 (continuação) - Carta geológica (+ legenda) da área das bacias hidrográficas dos ambientes lagunar e lacustres em estudos com o limite negro das respectivas bacias (adaptado da Carta Geológica de Portugal à escala de 1/200 000, folha 7, S.G.P.).

#### IV.2.1 PALEOZÓICO

As formações paleozóicas aflorantes na área em estudo enquadram-se na Zona Sul Portuguesa estendendo-se desde o período Devónico (Fameniano) até ao Carbónico (Namuriano).

No sector NE da área em estudo surge a formação mais antiga, pertencendo ao Devónico Superior - Formação Filito-Quartzítica (DFq-Fameniano) - constituindo o núcleo do anticlinal de S. Francisco da Serra com orientação NW-SE. Corresponde a uma sequência terrígena com litologia variada, essencialmente constituída por filitos, siltitos mais ou menos carbonosos ou quartzosos, quartzovaques e quartzitos dispostos em lenticulas, nódulos ou bancadas centimétricas a métricas (OLIVEIRA, 1984).

Sobrepondo-se a esta seguem-se as formações pertencentes ao Carbónico: Complexo Vulcano-Sedimentar (V $\alpha$ -Xv, Tournaisiano-Viseano superior), a Formação de Mértola e a Formação de Mira. O Complexo Vulcânico é bastante heterógeneo sendo composto por diversos tipos litológicos com importantes variações laterais de fácies (OLIVEIRA, 1984). Embora os tipos litológicos que constituem este complexo sejam variados, refere-se e descrevem-se resumidamente os que constituem substrato às bacias hidrográficas dos ambientes em estudo:

A) Rochas Vulcânicas Ácidas (V $\alpha$ ) - tufos ácidos com texturas diversas mas de composição pouco variada, geralmente riolíticos (quartzo-queratófitos, por vezes potássicos). Como minerais dominantes apresentam quartzo e albite (por vezes, feldspato potássico), frequentemente em fenocristais, clorite e muito raramente biotite e granada (SCHERMERHORN, 1976; ROUTHIER *et al.*, 1977, *in* OLIVEIRA, 1984). Ocorrem ainda fragmentos líticos derivados de outras rochas vulcânicas.

B) Xistos Negros, siliciosos, borra de vinho, tufitos (Xv) - corresponde à série de Manganês (STRAUSS, 1970, *in* OLIVEIRA, 1984), sendo constituída por jaspes, xistos "borra de vinho", xistos siliciosos, xistos negros e tufitos claros, com predomínio de xistos carbonosos e manganíferos.

Sobrepoem-se a estas formações os materiais do Grupo de Flysch do Baixo Alentejo, a Formação de Mértola (HMT-Viseano superior) que passa gradualmente à Formação de Mira através de um horizonte guia (espessura  $\approx$  100m - OLIVEIRA, 1984) com turbiditos finamente estratificados em que a percentagem de pelitos é nitidamente superior à dos grauvaques. A primeira é a mais antiga das três unidades que compõem o Grupo de Flysch do Baixo Alentejo, correspondendo a uma sequência turbidítica constituída por grauvaques, pelitos e alguns conglomerados intercalados, com todas as características de um depósito flysch (OLIVEIRA *et al.*, 1979 e OLIVEIRA, 1983, *in* OLIVEIRA, 1984). A Formação de Mira (Hmi-Namuriano) com carácter turbidítico e características gerais idênticas às da formação anteriormente descrita, encontra-se disposta em bancadas espessas de grauvaques grosseiros, alternando com xistos, sendo em tudo semelhantes às existentes na formação anterior (INVERNO, 1993).

#### IV.2.2 MESOZÓICO

O Mesozóico existente nesta área, entre Melides e Sines, corresponde aos depósitos da chamada "Bacia Sedimentar de Santiago do Cacém", sendo as litologias aflorantes representadas por séries que vão do

Triásico ao Jurássico superior - Kimeridgiano (MANUPPELLA, 1983; MANUPPELLA & MOREIRA, 1989), estando esta bacia associada ao processo de abertura do Fosso Lusitânico. Estes materiais afloram ao longo de uma faixa alongada NNW-SSE por cerca de 20km, encontrando-se as formações mais antigas a leste, em virtude de a bacia sedimentar ser constituída por uma série monoclinal, basculada para W. A este e a sul a bacia contacta, por discordância angular (contacto Triásico-Flysch), com o Flysch do Baixo Alentejo, a sudoeste com o maciço subvulcânico de Sines e a oeste, através da falha de Deixa-o-Resto, com as formações cenozóicas (**Figura IV.2-1**). Na região das bacias hidrográficas da Lagoa de Melides e dos interdunares em estudo, as litologias mesozóicas restringem-se ao Triásico e ao Jurássico inferior.

#### IV.2.2.1 TRIÁSICO SUPERIOR - JURÁSSICO INFERIOR (HETANGIANO)

##### IV.2.2.1.1 Formação dos Grés de Silves

Esta formação, que assenta sobre o Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, é constituída por três unidades, da base para o topo (MANUPPELLA & RAMALHO, 1984 e MANUPPELLA, 1993):

- Unidade A (Arenitos de Silves - Triásico) - arenitos de cor vermelha, conglomerados e pelitos subordinados;
- Unidade B (Complexo pelítico-carbonatado-evaporítico de Silves - Triásico/Hetangiano) - pelitos e arenitos subordinados, de cor vermelha, com raras intercalações mais carbonatadas constituídas por margas dolomíticas;
- Unidade C (Dolomitos em plaquetas - Triásico/Hetangiano) - dolomitos siltosos em camadas centimétricas a decimétricas com intercalações de pelitos, em que a percentagem de quartzo é muito variável.

##### IV.2.2.1.2 Formação vulcano-sedimentar do Alto da Guerra (Hetangiano-Sinemuriano)

Esta formação assenta sobre os Grés de Silves, por ravinamento da Unidade C (MANUPPELLA & MOREIRA, 1989; MANUPPELLA, 1993), sendo constituída por alternâncias de escoadas lávicas basálticas/doleríticas e tufos básicos) que intercalam com margas dolomíticas e dolomitos margosos e ainda raros calcários oolíticos.

#### IV.2.2.2 CRETÁCICO

Na bacia sedimentar de Santiago do Cacém não são conhecidos depósitos pertencentes ao Cretácico. No entanto, importa realçar que na plataforma, a W de Melides, a sondagem PESCADA 1, que atingiu os 3117m de profundidade, atravessou sedimentos atribuídos a essa idade (MONTEIRO, 1984).

#### IV.2.2.3 ROCHAS ERUPTIVAS

A presença do maciço eruptivo de Sines imediatamente a S da região em estudo englobado na Província Ígnea Alcalina da Península Ibérica veio condicionar o aparecimento de inúmeras massas e filões

nas áreas adjacentes ao maciço. Deste modo, as formações pertencentes à "Bacia Sedimentar de Santiago do Cacém" foram atravessadas pelas estruturas secundárias anteriormente referidas.

### IV.2.3 CENOZÓICO

As formações cenozóicas afloram em mais de 50% da área em estudo numa faixa alongada, de direcção aproximadamente N-S, desde os limites da Serra de Grândola até ao oceano. O Terciário apenas está representado por formações mais recentes da época miocénica e pliocénica, sendo os afloramentos miocénicos bastante escassos, restringindo-se a alguns aparecimentos pontuais; pelo contrário o Pliocénico está bem representado, geralmente sempre associado ao Plistocénico sendo, por vezes, muito difícil dissociá-los.

#### IV.2.3.1 NEOGÉNICO

##### IV.2.3.1.1 Miocénico

As formações miocénicas da região têm características marinhas, conhecendo-se alguns afloramentos, sendo o corte mais representativo o de Melides tendo-lhe sido atribuída idade tortoniana por J. Cotter (1903-04, in ZBYSZEWSKI, 1984). Encontra-se situado cerca de 5km a ENE da laguna de Melides, sendo definido, segundo este último autor, por cinco camadas, do topo para a base:

- areias, argilas e cascalheiras amareladas a acastanhadas (5m) cobertas por um solo arenoso cinzento, pré-histórico;
- calcários margosos concrecionados, de cor esbranquiçada e com restos de fósseis (7-8m);
- areias e grés acinzentados com conchas e mandíbula de *Paleoziphius melidensis* (10-12m);
- conjunto de grés calcários e de calcários gresosos amarelados e acastanhados, às vezes concrecionados, com conchas ( $\approx$  15m);
- conglomerado grosseiro com cimento calcário.

Ainda na área da bacia hidrográfica deste sistema lagunar foram encontrados outros afloramentos de extensão superficial reduzida, colocados a descoberto em leitos de alguns ribeiros, situando-se a escassos 6km para leste da laguna, nas proximidades de Montum de Baixo, de Machamim, da Quinta do vale Figueira e de Chaminé (ROMARIZ & GALOPIM DE CARVALHO, 1972).

O Miocénico foi, igualmente, identificado através de sondagens, verificando-se que a S e SW de Melides estas formações se encontram cobertas por sedimentos plio-plistocénicos assentando discordantemente sobre o Jurássico. Nestas sondagens, o tecto da formação miocénica foi encontrado a profundidades variáveis entre os 8m (cruzamento da estrada Melides-Santiago do Cacém com o ramal para Santo André) e os 40m (NE da Lagoa da Sancha) (ZBYSZEWSKI, 1984). Na zona do Azinhal (ROMARIZ & GALOPIM DE CARVALHO, 1972) foi encontrado a 52,5m de profundidade (-20m em relação ao Nível Médio do Mar - NMM) e em sondagem realizada na várzea dos ribeiros que confluem a S na Lagoa de Santo André encontra-se a 24m (-21,3m em relação ao NMM) (FREITAS *et al.*, 2003e).

#### **IV. 2.3.1.2 Pliocénico**

A distinção entre as formações pliocénicas e plistocénicas é por vezes extremamente difícil, se não impossível, preferindo a maior parte dos autores agrupá-las numa única formação designada por plio-  
plistocénica. Estes depósitos ocorrem ao longo do litoral, sob as dunas, aflorando pontualmente, estendendo-se para o interior de forma mais contínua e cobrindo indiscriminadamente formações paleozóicas, mesozóicas ou mesmo cenozóicas (miocénicas).

Segundo OLIVEIRA & COELHO (1974, *in* SILVA & FRAGA, 1980/81) e SILVA (1981) os depósitos pliocénicos são constituídos por areias médias argilosas e ferruginosas, amarelas e castanho-avermelhadas, com intercalações de argilas, podendo ocasionalmente apresentar-se com um comportamento friável como resultado de um certo grau de cimentação. Frequentemente apresentam níveis de seixos de grauvaques, quartzitos, quartzos e ainda crostas ferruginosas, sendo conhecidos localmente pela designação de saibros ferruginosos. O último autor considera estes depósitos como formações fluviais e fluvio-marinhas com fracção arenosa predominantemente quartzífera e fracção fina constituída por caulinite, ilite, sericite, goethite, hematite e outros óxidos de ferro.

#### **IV. 2.3.2 QUATERNÁRIO**

##### **IV. 2.3.2.1 Plistocénico**

As formações plistocénicas constituem pequenos retalhos, de pequena espessura, correspondendo a depósitos de antigas praias e terraços fluviais. Ocorrem muito dispersos por toda a área, cobrindo normalmente os sedimentos pliocénicos ou plio-plistocénicos indiferenciados (SILVA, 1981). É ainda de salientar a ocorrência de tufos calcários.

##### **A) Terraços**

Os depósitos dos terraços são compostos por areias de dimensões variáveis, médias a grosseiras com cascalheiras diversas de cores esbranquiçadas, acinzentadas e acastanhadas (OLIVEIRA & COELHO, 1974, *in* SILVA & FRAGA, 1980/81). Nalguns casos, as cascalheiras podem ser constituídas por seixos rolados ocorrendo, por vezes misturados, balastros mal rolados ou mesmo sub-angulosos em matriz de areia grosseira ou areão e, mais raramente de areia média. Para SILVA (1981) a génese destes terraços é controversa, podendo ter origem marinha, fluvial ou mista.

##### **B) Antigas Praias**

Os depósitos referentes a antigas praias podem ser encontrados a diversos níveis. ZBYSZEWSKI (1984) refere que em vários pontos do litoral entre Melides-Santiago do Cacém esses depósitos podem ser encontrados a cotas entre 80-95m (níveis de praias do Siciliano I) e entre 55-65m (Siciliano II). O mesmo autor (1958, *in* MATOS, 1991) refere a presença de depósitos pertencentes ao Tirreniano I (25-35m) e ao Tirreniano II (10-15m) na zona entre a Badoca, Monte Branco, Vale da Rainha e a estrada de Santiago-

Sines, aflorando os segundos, por vezes, próximo das arribas litorais, geralmente sob cobertura dunar, enquanto os primeiros se encontram sob areias eólicas.

#### **IV. 2.3.2.2 Holocénico**

##### **A) Dunas**

O arco Tróia-Sines caracteriza-se por apresentar uma das mais importantes coberturas dunares do sul país, sendo possível encontrar, na faixa costeira onde se inserem os ambientes em estudo, distintas gerações de dunas. Os campos dunares estendem-se por vários quilómetros para o interior, sobrepondo-se a formações plio-pleistocénicas, cobrindo uma grande superfície imediatamente para leste da duna frontal (a S da laguna de Melides) ou ocupando o topo de arribas (a N da laguna de Melides). Esta última posição ocupada pelas dunas, a cotas elevadas e distanciadas do actual litoral, sugere condições paleo-geográficas e paleo-climáticas diferentes das actuais para a sua génese, referindo SILVA (1981) o período wurmiano para a sua origem com consequente evolução no pós-glaciar. O aparecimento de aluviões lodosas lagunares subjacentes às areias do sistema dunar de Monte Velho (detectadas através de sondagens durante os trabalhos de prospecção para a expansão de um areeiro - SILVA & RODRIGUES CARVALHO, 1989) e a idade de cerca de 5000 anos atribuída ao início da formação da laguna (FREITAS *et al.*, 2000b, 2002b, 2003e) vem colocar algumas dúvidas quanto à idade atribuída a estas formações dunares. Existem, provavelmente, no sistema dunar de Monte Velho diferentes gerações de dunas, sendo algumas posteriores à formação da laguna.

##### **B) Areias de praia**

Desde Tróia até Sines desenvolve-se uma extensa enseada de costa baixa essencialmente arenosa, de praias constituídas por areias de natureza quartzífera, compostas predominantemente por quartzo e fragmentos de conchas. A sua caracterização será abordada com maior pormenor durante a caracterização das barreiras arenosas dos ambientes em estudo.

##### **C) Aluviões**

Estes depósitos encontram-se nos espaços lagunares, que constituem autênticas bacias de decantação, e nas regiões mais a jusante das ribeiras afluentes destes sistemas. O enchimento contínuo e progressivo dos antigos vales deu origem a extensas superfícies de várzeas aluvionares, transformando a morfologia dos vales, conferindo-lhes fundo achatado.

Ao longo do vale da ribeira de Melides, actualmente bastante assoreado, foram efectuadas no passado e durante o presente estudo, sondagens com objectivos muito distintos. Recolheram-se dezenas de relatórios técnicos aos quais se associou informação existente de índole científica de outras sondagens efectuadas para estudo do preenchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides. Esses resultados serão discutidos no Capítulo VI - Lagoa de Melides - Macroescala, servindo para caracterizar a forma como



os aluviões preencheram este paleovale, mas igualmente para tecer considerações sobre as características texturais e composicionais dos sedimentos.

### IV.3 Enquadramento Tectónico

A existência de formações com idades desde o Paleozóico até à actualidade confere a esta região um quadro tectónico bastante diversificado: orogenia Hercínica (fim do Paleozóico), abertura do oceano Atlântico (fim do Pérmico e Mesozóico), rotação da Península Ibérica com instalação dos complexos anelares subvulcânicos (Sintra-Sines-Monchique) e actividade vulcânica (Cretácico terminal) e a orogenia Alpina (desde o Miocénico até à actualidade).

Após a orogenia Hercínica, o quadro geológico da Península Ibérica no Mesozóico inicia-se com a instalação de uma margem continental a W e a S, a partir do Pérmico, resultante da abertura do Atlântico e da Mesogeia, respectivamente. A evolução destas margens vai condicionar todas as características da cobertura mesozóica (RIBEIRO *et al.*, 1979). Durante o processo de abertura do Atlântico instala-se, pela acção de forças distensivas e através do rejogo de falhas herdadas do Hercínico ou da formação de novos acidentes, uma bacia intra-cratónica, alongada, de direcção aproximadamente NE-SW. Com efeito, na zona de Santiago do Cacém, instalou-se um fosso tectónico controlado pelo sucessivo basculamento dos blocos para W, em direcção ao centro da bacia, condicionando a subsidência e a sedimentação. MANUPPELLA (1993) aponta quatro acidentes fundamentais na evolução da Bacia de Santiago do Cacém (**Figura IV.3-1**): a falha de Deixa-o-Resto, a falha de Santa Cruz, a falha de Grândola e o alinhamento estrutural Portimão, Monchique-Sines-Sesimbra-Sintra. Este último acidente, responsável pela instalação dos complexos subvulcânicos e posteriormente pela actividade vulcânica (ambas do Cretácico terminal) ocorrem associados à rotação da Península Ibérica, depois do rift Atlântico se ter deslocado para W (no Malm), condicionando a evolução do rift intra-continental lusitânico em aulacógeno (rift abortado).

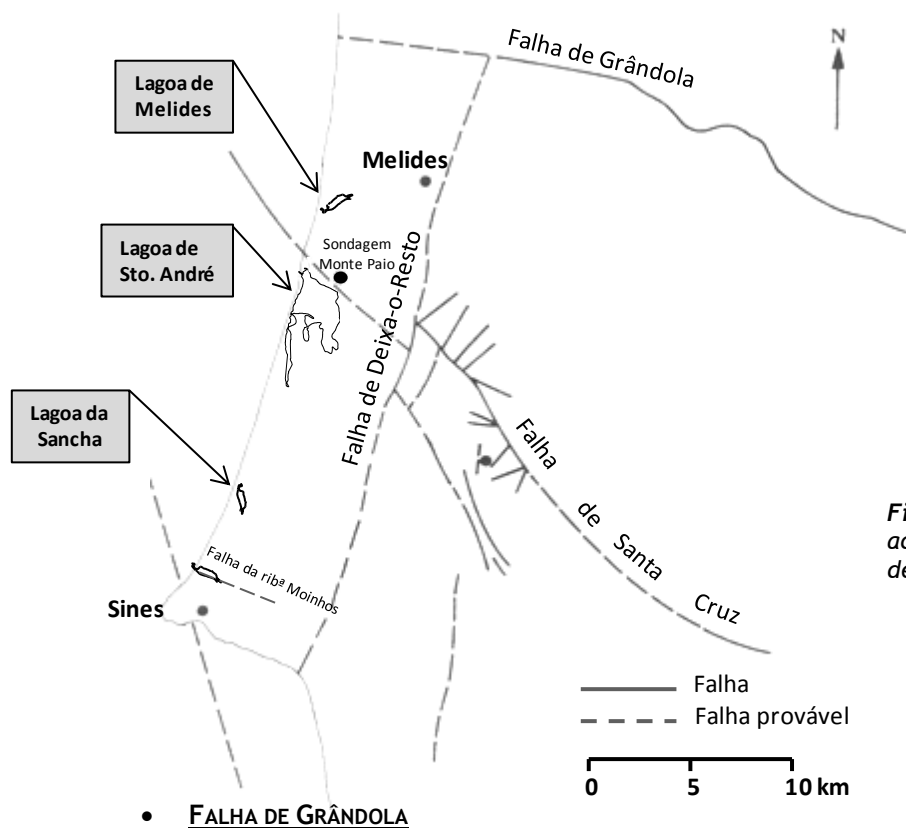
A orogenia Alpina resulta da colisão das placas Africana e Euroasiática, inicialmente com compressão NNE-SSW mudando para WNW-ESE no final do Miocénico (CABRAL, 1995). Do Pliocénico ao Quaternário, existiram condições para a ocorrência de estruturas com distensão segundo a direcção NNE-SSW e de falhas inversas NE-SW (RIBEIRO *et al.*, 1979), que podem surgir como novos acidentes ou aproveitar falhas antigas, reactivando-as.

Os afloramentos da Bacia de Santiago do Cacém para N biselam de encontro às formações paleozóicas (a leste) e às formações cenozóicas (a oeste). Este facto deve-se provavelmente à falha de Deixa-o-Resto, que para N da ribeira da Ponte deixa de ser visível (MANUPPELLA & MOREIRA, 1989), mas provavelmente condicionará o desaparecimento das formações mesozóicas sob a cobertura cenozóica.

Ao longo desta falha verifica-se um abatimento de todo o bordo ocidental, com rejeito evidente da ordem dos 100-150m relativamente às formações cenozóicas (MANUPPELLA, 1993). No entanto, a presença de formações mesozóicas para W da referida falha está comprovada através de uma sondagem feita em Monte Paio (na margem N da Ribeira da Cascalheira) que atravessou cerca de 1000m de sedimentos jurássico-cenozóicos (MANUPPELLA & MOREIRA, 1989). Esta sondagem permitiu constatar que as formações

paleozóicas (substrato da bacia) apresentam um desnível da ordem dos 1200m provocado pelo abatimento consecutivo dos blocos cortados quer pela falha de Deixa-o-Resto, quer por outras com a mesma orientação (MANUPPELLA, 1983). Daí resulta que as formações paleozóicas a leste estejam à cota de +200m e na sondagem de Monte Paio sejam intersectadas à cota de -1000m (MANUPPELLA & MOREIRA, 1989).

Na região em estudo importa referir as estruturas consideradas activas, ou seja com actividade neotectónica, sendo definido o período neotectónico no território português desde o Pliocénico terminal ( $\approx 2$  Ma) ou seja, desde a última reorganização significativa da tectónica regional (CABRAL, 1995). Podemos considerar quatro estruturas activas na região (**Figura IV.3-1**):



**Figura IV.3-1** - Estruturas tectónicas activas na área em estudo (adaptado de MANUPPELLA, 1993).

Constitui um importante acidente estrutural de orientação média WNW-ESE, correspondendo a um desligamento esquerdo tardi-hercínico (RIBEIRO *et al.*, 1984, *in* OLIVEIRA, 1984) com reactivação posterior, evidenciando movimento no Cenozóico com subida do bloco meridional (CABRAL, 1995). Limita o bordo NE do soco varisco. A actividade neotectónica neste acidente conduziu ao levantamento da Serra de Grândola (no Quaternário) constituindo um relevo do tipo semi-horst, elevado e inclinado para SE (PIMENTEL & AZEVEDO, 1989; PIMENTEL, 1990, **Figura IV.3-1**). CABRAL (1995) conclui que este levantamento tem componente vertical do tipo normal com importante componente de desligamento esquerdo. O mesmo autor infere um deslocamento vertical máximo na falha de Grândola na ordem de 150m nos últimos 2,5 a 2 Ma, equivalendo a uma taxa de actividade compreendida entre 0,06-0,075mm/ano.

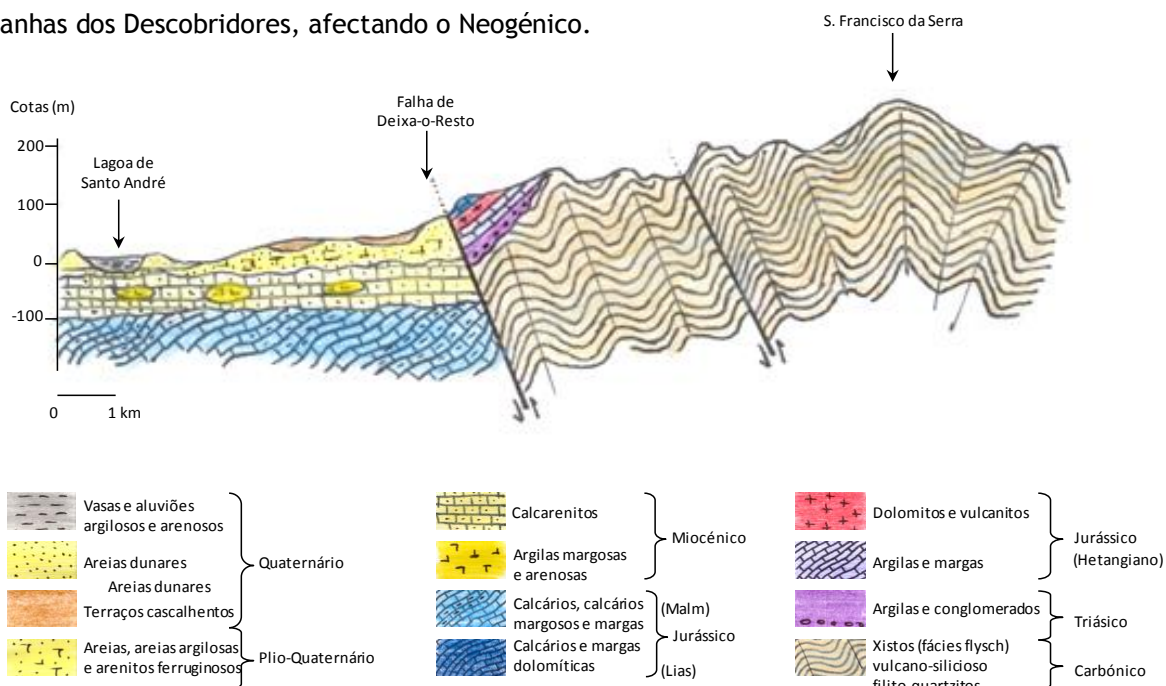
### • FALHA DE DEIXA-O-RESTO

Este acidente de direcção geral NNE-SSW teve um papel preponderante, juntamente com a falha de Santa Cruz e com a de Grândola, na evolução da bacia mesozóica sedimentar de Santiago do Cacém. Foi o contínuo abatimento do bloco W que permitiu a deposição de mais de 1000m de sedimentos nesse bloco desnivelando o soco hercínico em cerca de 1200m (a E da falha encontra-se a 220m, enquanto a W foi intersectado na sondagem de Monte Paio à profundidade de 1140m) e as formações cenozóicas em cerca de 100 a 150m.

Inicialmente interpretada como uma falha de movimentação vertical do tipo normal, inclinada para W (MANUPPELLA, 1983; SILVA, 1984; MANUPPELLA & MOREIRA, 1989) veio no decurso do trabalho realizado por RIBEIRO *et al.* (1993), a verificar-se que a estrutura inclinava para E com movimentação vertical do tipo inverso (**Figura IV.3-2**), sugerindo uma movimentação horizontal de desligamento esquerdo. Estes autores dividem esta falha em três sectores:

- Segmento de Melides: sector setentrional com comprimento de 15km limitado a N pela falha de Grândola e a S pela de Santa Cruz;
- Segmento de Santo André: sector central representando a continuação do sector anterior sendo limitado a S pela falha da ribeira de Moinhos;
- Segmento de Sines-Montanhas dos Descobridores: sector meridional posicionado a S da falha da ribeira de Moinhos prolongando-se na direcção SW para o litoral da costa da Galé.

Concluem que esta estrutura apresenta movimentação com ruptura superficial, com abatimento do bloco ocidental, registando movimentação pós-pleiocénica com separação vertical mínima de 25m e máxima de 85m, podendo ser no segmento central correlativa da falha da ribeira de Moinhos, ou seja, Plistocénico inferior. Deduzem ainda a existência de um prolongamento desta estrutura para a plataforma (SW), pela detecção de um epicentro em S. Torpes e vários em falhas com a mesma orientação nas Montanhas dos Descobridores, afectando o Neogénico.



**Figura IV.3-2** - Corte geológico esquemático no paralelo da Lagoa de Santo André (baseado em SILVA, 1984, com correcções através de informação oral de P. Fonseca).

- **FALHA DE SANTA CRUZ**

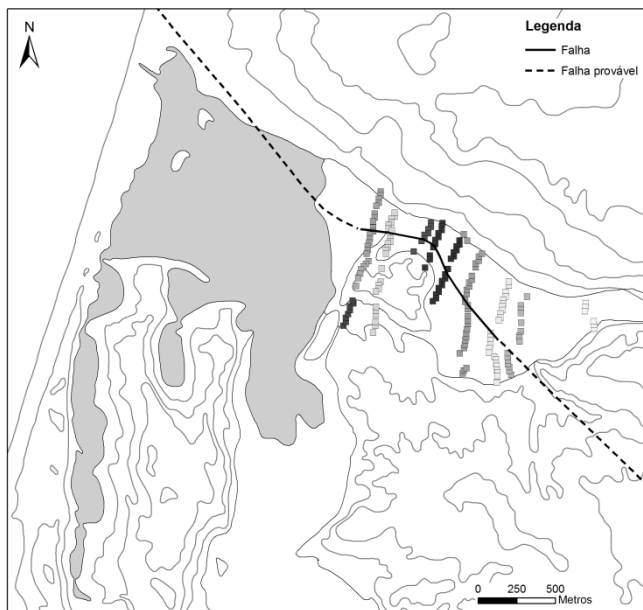
Apresenta uma direcção geral NW-SE com cerca de 17km entre o litoral e Santiago do Cacém. Segmenta a falha de Deixa-o-Resto, limitando-a como rampa lateral (RIBEIRO *et al.*, 1993), admitindo-se que o seu troço ocidental passe imediatamente a S da sondagem de Monte Paio (**Figura IV.3-1**). Os mesmos autores referem para a movimentação plio-quadernária um movimento do tipo inverso com separação vertical mínima de aproximadamente 50m e máxima de 70m. A presença de uma falha submarina afectando o Neogénico a W de Melides e o alinhamento de epicentros Melides-Santa Cruz são para RIBEIRO *et al.* (1993) indiciadores do prolongamento desta estrutura para a plataforma.

Efectivamente, o prolongamento da falha de Santa Cruz para W da falha de Deixa-o-Resto era apenas conjecturada até há pouco tempo. No entanto, trabalhos mais recentes (RAMOS *et al.*, 2008, 2009) vieram confirmar a sua presença (**Figura IV.3-3**), detectando que parte desta estrutura é coincidente com o troço final da ribeira da Cascalheira. Esta conclusão foi obtida com base em prospecção geofísica utilizando o método TEM (“Transient Electromagnetic Method”) efectuada nos vales dos afluentes ao sistema lagunar de Santo André (Vale da ribeira da Cascalheira e dos afluentes sul - **Figura IV.3-3, IV.3-4**). Os modelos de interpretação dos dados geofísicos permitiram a identificação da descontinuidade e a definição de duas a cinco “camadas geoelectricas” que quando comparadas com o registo estratigráfico de 16 sondagens efectuadas nos dois vales já referidos possibilitou a definição do limite inferior da unidade estratigráfica mais superficial, considerada como sedimentação Holocénica. Os dois paleovales revelam-se assimétricos, com incisão bem marcada abaixo do nível médio do mar e com os talvegues mais próximos das margens direitas dos paleovales (**Figura IV.3-5**).

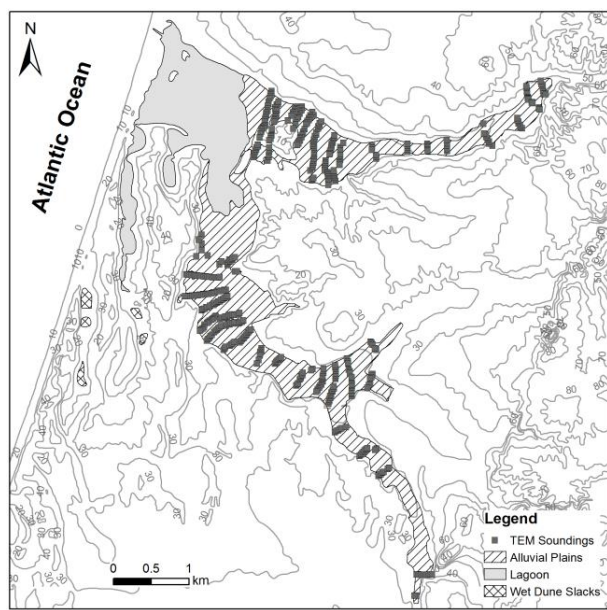
- **FALHA DA RIBEIRA DE MOINHOS**

Esta falha com orientação geral NW-SE, inclinando para N, ao longo de cerca de 6,5km (área emersa) foi apenas reconhecida na década de 90 (RIBEIRO *et al.*, 1993), colocando em contacto rochas da cobertura mesozóica e do maciço de Sines (a S) com os depósitos neogénicos e quadernários (a N). Esta estrutura segmenta a falha de Deixa-o-Resto, constituindo uma faixa de deformação difusa, apresentando actividade no Quadernário com movimentação vertical do tipo normal, com separação vertical mínima de 15m, verificando-se abatimento do bloco N.

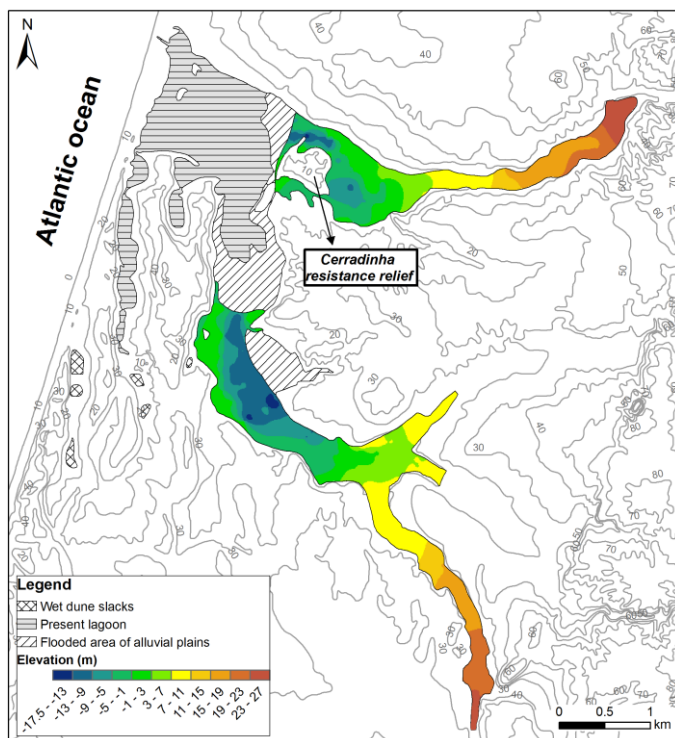
Segundo os autores que identificaram esta estrutura, a presença da falha submarina afectando o Neogénico, a SW da sondagem Pescada 1, no alinhamento da sua expressão na área emersa, sugere o prolongamento desta estrutura para a plataforma.



**Figura IV.3-3** - Localização dos perfis de sondagens TEM (alinhamento de quadrados) e com definição do sector da falha de Santa Cruz identificada após processamento e análise dos perfis TEM (imagem inédita de RAMOS, 2013).



**Figura IV.3-4** - Localização dos perfis de sondagens TEM nas planícies aluviais da laguna de Santo André (retirado de RAMOS et al., 2009).



**Figura IV.3-5** - Hipsometria dos paleovales holocénicos (retirado de RAMOS et al., 2009).

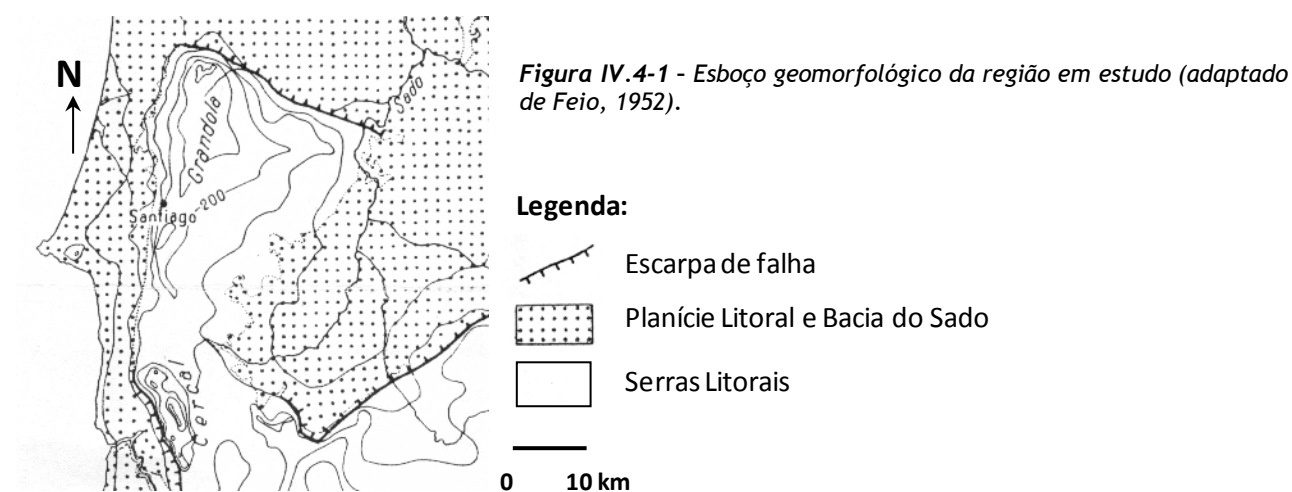
## IV.4 Enquadramento Geomorfológico

### IV.4.1 INTRODUÇÃO

Nesta região do Baixo-Alentejo, podem-se considerar três unidades geomorfológicas distintas (FEIO, 1952, 1984) (*Figura IV.4-1*):

- 1 - a Planície Litoral Ocidental, a W;
- 2 - as Serras Litorais, na zona central;
- 3 - a Bacia do Sado, a leste.

A terceira unidade geomorfológica não constitui área drenante para a área de estudo pelo que não se julga importante a sua descrição pormenorizada.



Na área de influência das bacias hidrográficas do ambiente lagunar e lacustres interdunares em estudo, a unidade geomorfológica das Serras Litorais é constituída pela serra de Grândola, com orientação sensivelmente N-S, que se apresenta alinhada com a serra do Cercal, localizada a sul de Sines. A linha de cumeada destes relevos, que se encontram limitados a nascente pelos depósitos terciários da Bacia do Sado e marginam os sedimentos plio-quaternários da Planície Litoral, funciona como separador do escoamento superficial, correndo a W as linhas de água para o oceano e a E para a bacia do Sado. A serra de Grândola tem forma dissimétrica, com a vertente leste mais suave, em oposição à aba W mais abrupta. Na região de Santiago do Cacém a vertente desce em direcção ao mar sendo interrompida abruptamente por escarpa da falha de Deixa-o-Resto. Pelo contrário, na região de Melides, o mesmo bordo desce suavemente por meia dezena de quilómetros, não sendo, aqui, bem marcada a escarpa de falha (FEIO, 1984). Na área de Santiago do Cacém é ainda de salientar a presença de uma costeira, resultante do monoclinal orientado sensivelmente N-S, basculado para W, constituído pelos afloramentos mesozóicos carbonatados (GALOPIM DE CARVALHO, 1984).

A Planície Litoral Ocidental constitui uma faixa estreita, com largura variável entre 5 e 15km que se estende por mais de 100km, desde a foz do Sado até Sagres. Desce suavemente (declives de 0,5 a 1,5 %) desde a Serra até ao mar, em cotas que não ultrapassam os 150m (FEIO, 1952). Trata-se de uma

plataforma de abrasão marinha talhada em litologias paleozóicas, coberta por depósitos predominantemente plio-quadernários que raramente alcançam 20 m de espessura (FEIO, 1984), dissecada apenas pelos principais cursos de água que a interrompem.

Na região entre a Lagoa de Melides e a Lagoa da Sancha a Planície Litoral não ultrapassa os 10km de largura, contactando as formações cenozóicas que a formam, em Melides, directamente com o Paleozóico da Serra de Grândola, enquanto mais para sul o contacto se estabelece com as litologias mesozóicas.

É nesta unidade geomorfológica que se inserem os ambientes em estudo, situando-se a cotas inferiores a 50m (**Figura IV.4-2**). A laguna de Melides, tal como a de Santo André, ocupa uma depressão correspondente a antigo vale fluvial, que foi inundado pela transgressão holocénica e isolado do oceano por extenso e contínuo cordão arenoso (FREITAS *et al.*, 1999a, 2000b, 2002b, 2003e). Os ambientes lacustres interdunares ocupam zonas deprimidas de sistemas dunares antigos. As bacias hidrográficas estendem-se desde as Serras de Grândola e São Francisco da Serra até ao mar, contendo linhas de água que drenam para poente a partir da cumeada das serras litorais.

#### IV.4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE MELIDES

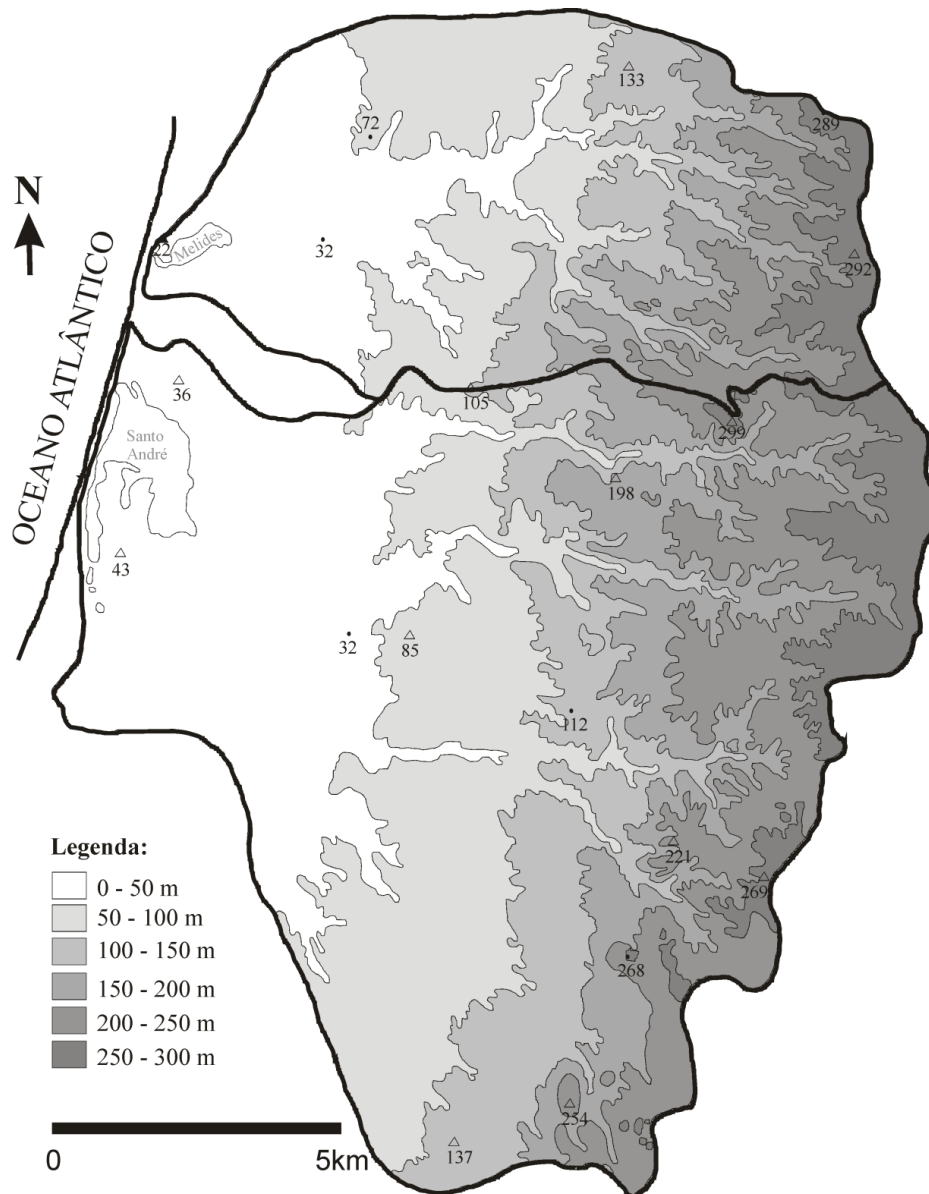
A bacia hidrográfica da laguna de Melides alonga-se na direcção E-W, ocupa uma área de cerca de 65km<sup>2</sup>, e tem comprimento e largura máximos de 12,5 e 6,5km, respectivamente (**Figuras IV.4-2, IV.4-3**). É limitada a N pela bacia da ribeira das Fontainhas (que desagua na Praia da Aberta Nova), a E pela bacia do Sado e a S pela bacia da Lagoa de Santo André.

As cotas mais altas, correspondendo às litologias paleozóicas, encontram-se no bordo leste, não excedendo os 300m, situando-se mais de 50% da área da bacia abaixo dos 100m de altitude (**Figura IV.4-2, IV.4-3**), em litologias essencialmente arenosas do Plio-Quaternário.

A linha de água principal é a ribeira de Melides, de orientação geral ENE-WSW a qual forma a jusante uma extensa planície aluvial ao longo de 4km, desembocando na lagoa do mesmo nome a cerca de 1,5km do oceano. A rede hidrográfica, a montante, é bastante densa, pouco permeável, com substrato essencialmente xistento, potenciando um intenso escoamento superficial e consequentemente aumento da erosão linear, formando-se vales encaixados e sinuosos. No entanto, a jusante, a presença de litologias mais permeáveis favorece a infiltração (erosão areolar superior ao entalhe vertical) e por isso os vales são mais amplos, com declives muito suaves. O padrão de drenagem, na zona da Serra, é essencialmente do tipo paralelo, ocorrendo associado a vertentes com declives acentuados e podendo relacionar-se com controlos estruturais que condicionem a ocorrência de um espaçamento regular. O regime de escoamento desta ribeira é temporário, encontrando-se durante a maior parte da época estival sem caudal natural mas para jusante de Melides apresenta sempre fluxo hídrico proveniente do excesso da nascente Fonte dos Olhos e das descargas das ETAR's de Melides e de Vale Figueira.

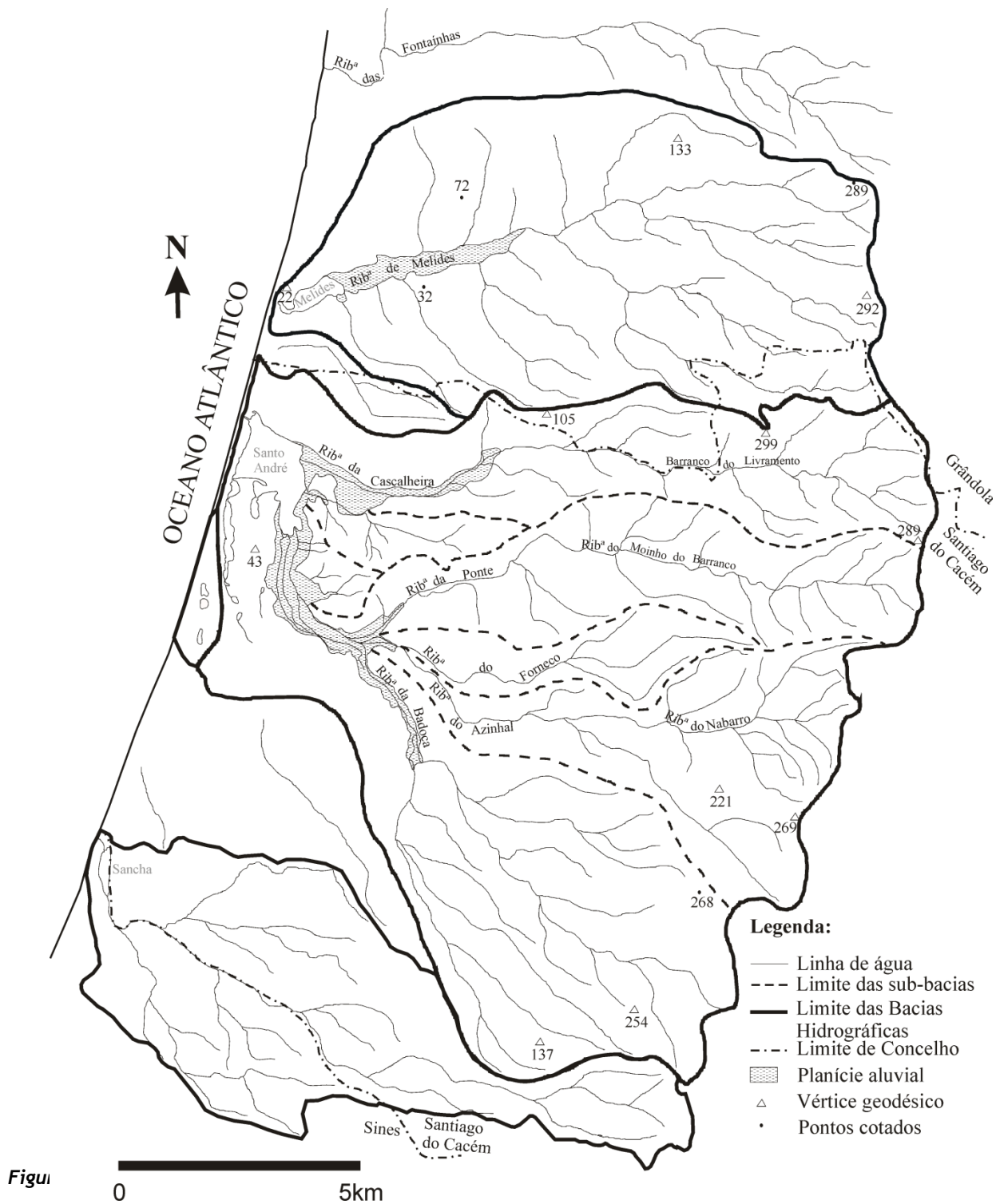
É de realçar a presença de numerosas nascentes, a mais importante das quais é sem dúvida a da Fonte dos Olhos que surge a SW da povoação de Melides (**Figura V.2-1**), sendo actualmente parte do seu caudal aproveitado pela Câmara de Grândola para abastecimento público, escoando-se o excedente para a ribeira de Melides aumentando consequentemente o caudal desta. Outra nascente denominada pela população local de Cabo d'Água situa-se a cerca de 2,75 km a E desta laguna na margem direita da ribeira

de Melides, no local da Carregueira (**Figura V.2-1**). O caudal é menor que na anterior mas suficientemente importante para ser aproveitado pelos agricultores a fim de alagarem durante parte do ano os campos cultivados de arroz.



**Figura IV.4-2** - Mapa hipsométrico das bacias hidrográficas das lagoas de Melides e Santo André.





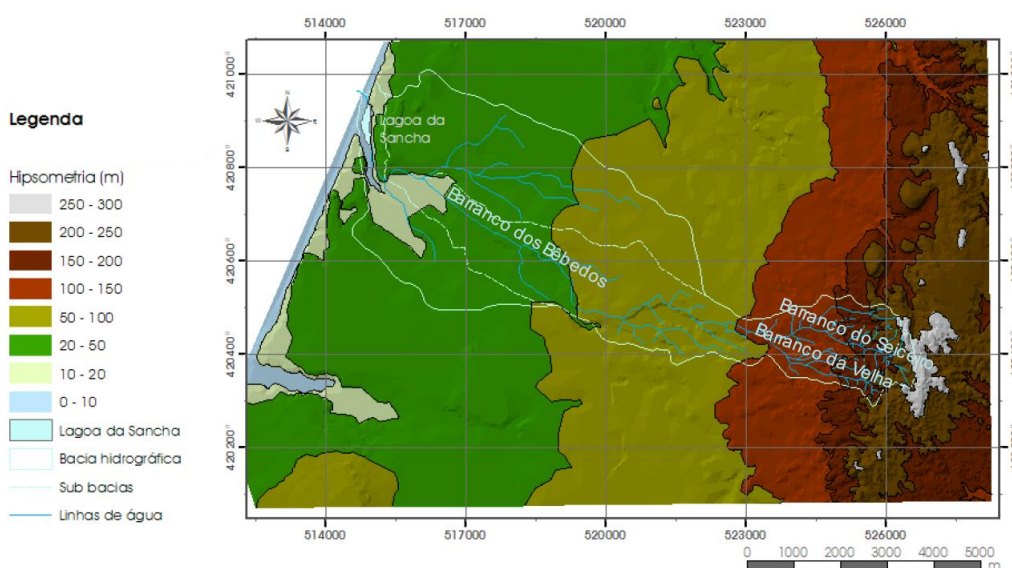
#### IV.4.3 “BACIA HIDROGRÁFICA” DOS POÇOS DO BARBAROXA

Os três interdunares denominados de Poços do Barbaroxa ocupam uma depressão alongada norte-sul que se encontra limitada a poente pelo actual cordão dunar. A esta depressão, limitada por duas cristas, não se encontra associada nenhuma bacia hidrográfica, ao contrário do que se observa no interdunar da Lagoa da Sancha.

A natureza detrítica e extremamente porosa dos terrenos onde estes se encontram instalados promove a rápida infiltração das águas pluviais, sendo a drenagem superficial praticamente inexistente. Deste modo, a água que inunda esta depressão é proveniente essencialmente da subida do nível freático após épocas pluviosas, associando-se alguma da precipitação directa e no caso do Poço mais a norte (Barbaroxa de Baixo), pode adicionar-se ao hidrossoma água oceânica após galgamentos do cordão dunar frontal em épocas de temporal no mar.

#### IV.4.4 BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DA SANCHÁ

A Lagoa da Sancha é o interdunar húmido posicionado mais a sul que ocupa uma depressão do extenso Complexo Dunar Antigo, para onde confluem águas provenientes de uma pequena bacia hidrográfica que drena uma área com cerca de 35km<sup>2</sup>. Esta apresenta forma subtriangular, afunilando para SE, com um comprimento de aproximadamente 13km no seu alinhamento NW-SE, enquanto na direcção perpendicular é de apenas 4km (**Figura IV.4-3, IV.4-4**). Confina a sul com a bacia da ribeira de Moinhos, a E com a do Sado, a N com a da Lagoa de Santo André e com uma área do Complexo Dunar Antigo onde se inserem os Poços do Barbaroxa. Esta bacia hidrográfica divide-se em três sub-bacias, sendo a principal a correspondente ao Barranco dos Bêbedos, que a montante se divide em duas linhas de água, Barrancos do Seiceiro e da Velha (**FERREIRA, 2006 - Figura IV.4-4**). As linhas de água com padrão dendrítico, de drenagem paralela têm, na maioria do seu percurso, orientação NW-SE, inflectindo para norte junto ao litoral, onde todas as linhas de água se encontram, antes de confluírem na depressão dunar da Lagoa da Sancha. Do ponto de vista altimétrico, a zona mais elevada situa-se no bordo ESE, atingindo-se os 300m mas ao contrário das lagunas de Melides e Santo André, com cerca de 50% da área das bacias posicionadas a cotas inferiores a 100m, aqui a maior parte da bacia encontra-se a baixo dessa cota. A maior parte do substrato desta bacia é Cenozóico, estendendo-se desde o litoral até 150 m de altitude, enquanto para montante, até aos 300m de altitude ficam as formações mesozóicas e paleozóicas (**Figura IV.2-1**).



**Figura IV.4-4** - Bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha sobre o mapa hipsométrico (retirado de FERREIRA, 2006).

## IV.5 Zona Imersa

Na zona imersa da margem continental SW portuguesa dá-se maior relevância à descrição da plataforma continental por constituir o limite W da área em estudo. Esta plataforma, denominada por Plataforma Norte-Alentejana (QUEVAUVILLER & MOITA, 1986b), é enquadrada pela Serra da Arrábida a N, pela restinga de Tróia a NE, pela costa da Galé e das lagoas de Melides e Santo André a E e pelo maciço subvulcânico de Sines a SE.

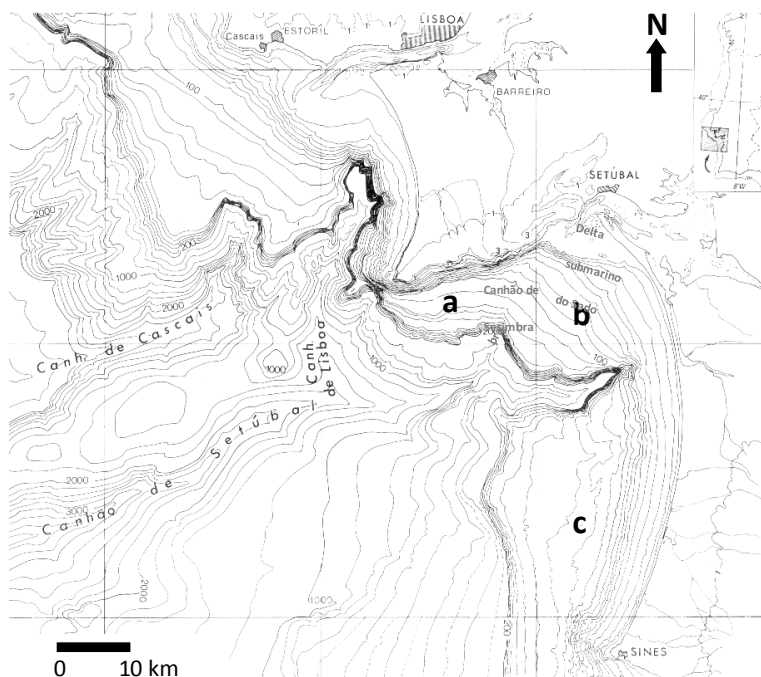
Nela destacam-se as seguintes unidades morfológicas: o delta do rio Sado, os Canhões Submarinos de Setúbal e de Sesimbra, e outros três sectores (a, b e c) resultantes da segmentação da plataforma pelos vales submarinos (**Figura IV.5-1**).

O delta submarino do rio Sado é uma formação sedimentar posicionada ao nível da embocadura do estuário, constituída por areias médias e grosseiras (QUEVAUVILLER & MOITA, 1986b). O canhão de Sesimbra, de orientação geral NE-SW, constitui, um acidente morfológico de pequena importância comparativamente com o Canhão de Setúbal. Este último constitui um profundo vale submarino que entalha a bacia de Setúbal e a par com outros canhões de grande envergadura existentes na plataforma portuguesa têm sido alvo de estudos aprofundados em projectos europeus de investigação como o EC-EUROSTRATAFORM e o HERMES (ARZOLA *et al.*, 2008; GUERREIRO *et al.*, 2009). O canhão submarino de Setúbal (tal como o da Nazaré) constituem um grupo específico dentro dos vales submarinos que podemos encontrar nas margens continentais - um canhão do tipo “goulf” - vales extensos, de comprimento superior a 150km, com fraco declive ao longo do talvegue, encontrando-se a entalhar profundamente o talude, a plataforma continental e com as suas cabeceiras a “morder” já o domínio litoral, muito próximas da linha de costa (GOMES, 2000).

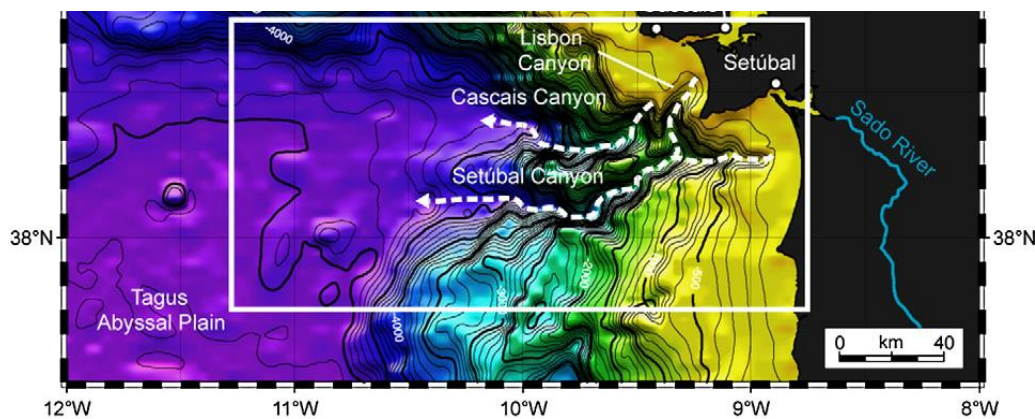
Este canhão representa o acidente morfológico mais importante desta plataforma, entalhando profundamente a plataforma e o talude. A sua cabeceira escarpada situa-se a escassos 6km do litoral, na direcção da antiga embocadura da ribeira da Comporta (MOREIRA, 1985), 20km a S da foz do Sado, atingindo a batimétrica dos -60m (GOMES, 2000). O curso superior do canhão de Setúbal prolonga, grosseiramente, a direcção da falha de Grândola - N120 (MOUGENOT, 1989, *in* GOMES, 2000), desenvolvendo-se desde a cabeceira até à zona de confluência com o canhão de Lisboa ( $\approx$  isóbata dos 2000m) através de um vale assimétrico, de vertentes moderadamente declivosas (20 - 40%), ligeiramente sinuoso (GOMES, 2000; ARZOLA *et al.*, 2008). A partir dessa confluência e até aos 3800m (curso médio) inflecte para SW alinhando o seu percurso com o canhão submarino de Cascais, estando separado deste por um relevo alongado, relativamente aplanado (Planalto de Albuquerque), sendo interpretado como o prolongamento afundado da Serra da Arrábida (COPPIER & MOUGENOT, 1982, *in* GOMES, 2000). A partir dos 3800m (curso inferior) o canhão muda de direcção para N105, mantendo-a até à sua foz na Planície abissal do Tejo (GOMES, 2000), a cerca de 4840m de profundidade e a 175km da sua cabeceira (ARZOLA *et al.*, 2008). Ao longo de todo o seu percurso longitudinal apresenta um declive médio de 3% (GOMES, 2000).

A génese e evolução deste canhão resultam da acção conjunta de fenómenos estreitamente interdependentes, sendo a tectónica e a erosão dois dos principais factores apontados por VANNEY & MOUGENOT (1981) e GOMES (2000). Se inicialmente o condicionamento tectónico impõe a direcção do

canhão, facilitando o desgaste linear, por outro lado, a erosão é responsável pelo aprofundamento do vale. Este último autor deduz que a última etapa do recuo das cabeceiras deste acidente é quaternária, por erodir litologias pliocénicas. Da mesma opinião é ARZOLA *et al.* (2008) que referem as correntes turbidíticas como processo dominante no transporte, erosão e deposição no canhão de Setúbal, referindo estes autores que estas são responsáveis pela profunda incisão no talude e na plataforma continental.



**Figura IV.5-1** - Carta batimétrica da folha de Lisboa (adaptado de VANNEY & MOUGENOT, 1981).



**Figura IV.5-2** - Mapa batimétrico da margem norte alentejana, mostrando a localização dos canhões submarinos. Isolinhas de contorno “fino” a cada 100m e as isolinhas a “negrito” a cada 500m (adaptado de ARZOLA *et al.*, 2008 ).

O canhão de Setúbal divide a plataforma Norte-Alentejana em dois sectores: o sector S (zona c) e o sector N (zonas a e b), sendo este último subdividido pelo entalhe do canhão de Sesimbra, definindo duas zonas (**Figuras IV.5-1, IV.5-2**). A W do vale submarino de Sesimbra, a margem adjacente ao bordo S da cadeia da Arrábida (zona a) caracteriza-se por apresentar uma plataforma declivosa de escassa largura, enquanto o segmento situado a SW da restinga de Tróia (zona b) é mais extenso com inclinações mais

suaves. Por último, o sector a S do canhão de Setúbal (zona c) é constituído por uma plataforma com 15 - 20km de largura limitada a W pela ruptura de declive da isóbata dos 200m definindo o bordo da plataforma, seguindo-se um talude formado por uma rampa de fraco declive, apenas perturbado por uma escarpa de origem tectónica (GOMES, 2000), encimada pela batimétrica dos 700m.

Do ponto de vista geológico o substrato é essencialmente constituído por formações paleozóicas às quais se sobrepuseram depósitos sedimentares mais recentes (TEIXEIRA & GONÇALVES, 1980). A distribuição dos sedimentos, embora perturbada pela presença do canhão submarino de Setúbal e pelo estuário do Sado, ocorre em faixas alongadas, distinguindo-se cinco tipos de depósitos sub-paralelos ao litoral (QUEVAUVILLIER & MOITA, 1986a, b):

- 1 - até - 30m, ocorrem depósitos costeiros constituídos por areias médias a finas;
- 2 - de -30 a -100m, ocorrem depósitos de plataforma média, formados por areias grosseiras ocorrendo um nível de cascalheiras entre -50 e -70m;
- 3 - entre -100 e -150m, ocorrem depósitos de plataforma externa constituídos por areias finas;
- 4 - de -150 a -200m, ocorrem depósitos do bordo da plataforma formados por areias grosseiras a cascalhentas;
- 5 - por último, no talude continental encontram-se, abaixo da isóbata dos -200 m, areias finas por vezes médias, enquanto que depósitos de características areno-siltosas surgem em profundidades superiores a 400m.

Os sedimentos mais grosseiros mencionados em 2 e 4 constituem depósitos de alta energia, em desequilíbrio com as condições hidrodinâmicas actuais, interpretados pelos mesmos autores como sendo depósitos relíquia, assinalando paleolitorais contemporâneos de níveis médios do mar mais baixos que o actual.

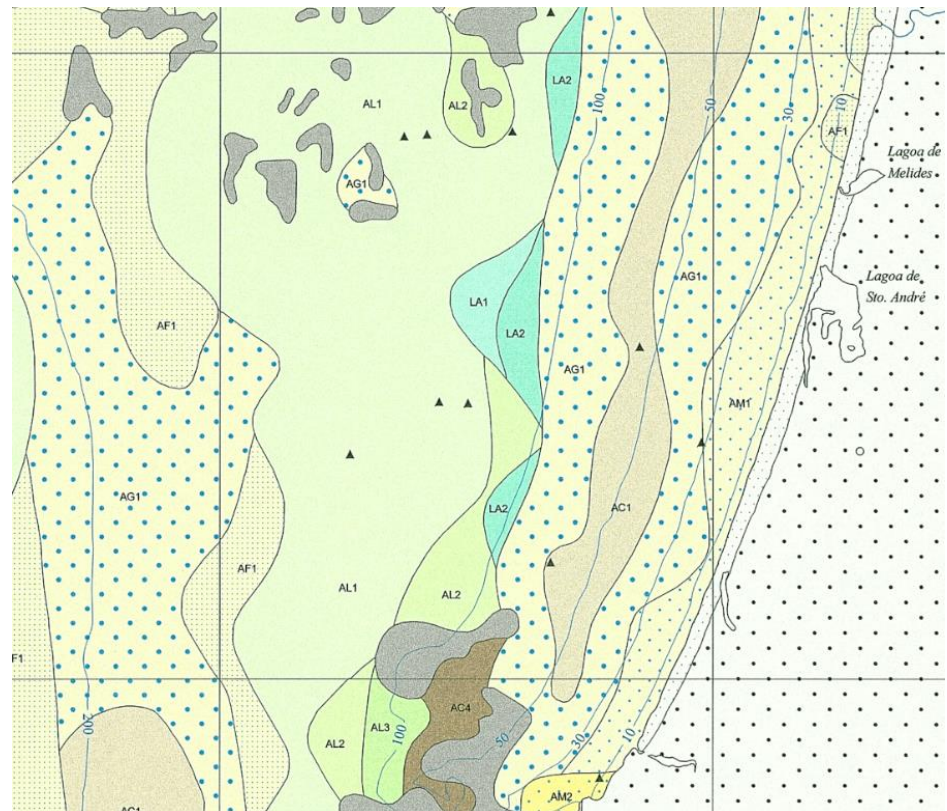
Na Carta de Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental entre o Cabo da Roca e o Cabo de Sines editada em 2005 pelo Instituto Hidrográfico (Folha SED5) é possível visualizar as referidas faixas alongadas dos depósitos sub-paralelos ao litoral. No entanto, a caracterização sedimentológica difere um pouco do anteriormente referido por QUEVAUVILLIER & MOITA (1986a, b), principalmente para profundidades abaixo dos 100m. Na região da plataforma entre a Lagoa de Melides e a Lagoa da Sancha, pode visualizar-se na carta de sedimentos os seguintes depósitos (*Figura IV.5-3*):

- 1 - até -30m, ocorrem depósitos costeiros constituídos essencialmente por areias médias litoclásticas, com pequenos “retalhos” de areias finas litoclásticas em posições mais próximas da linha de costa. A W do alinhamento das areias médias aparece o início do depósito de areias grosseiras litoclásticas;
- 2 - entre -30 e -100m, os depósitos de plataforma média consistem em areias grosseiras litoclásticas, ocorrendo uma faixa de areias cascalhentas litoclásticas entre os -50 e os -70m de profundidade;
- 3 - entre -100 e -150m os depósitos são texturalmente mais finos predominando as areias litolodosas. No entanto, a nascente aparecem “retalhos” de lodos litoarenosos e litobioarenosos. É curioso notar que estes “retalhos” constituem três manchas localizadas cada uma delas, *grosso modo*, em frente às lagoas de Melides, Santo André e Sancha a cerca de 7-8km, não existindo, a



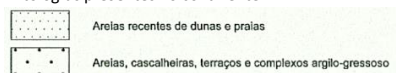
esta profundidade, nem para norte nem para sul, mais depósitos desta natureza. É tentador questionar se a origem destes depósitos “estrategicamente posicionados” estará relacionada com possíveis descargas actuais dos meios lagunares citados ou se representam “depósitos relíquia” de períodos passados em que estes ambientes (com bacia hidrográfica associada) funcionariam como ambientes estuarinos ou fluviais. Note-se que actualmente, em frente às actuais embocaduras do Tejo e do Sado, se observam depósitos com estas características.

4 - entre -150 e -200m, predominam as areias grosseiras e finas litoclásticas.



### Legenda:

Litologias presentes no continente:



Características sedimentológicas dos sedimentos presentes na plataforma:

	CASCAIS			AREIAS			SEDIMENTOS LODOSOS						
	L < 10 %	A + L < 50 %	Md > 2 mm	C > 50 %	L < 10 %	A + L > 50 %	Md < 2 mm	L > 10 %					
SEDIMENTOS LITOCLÁSTICOS	CASCAIS LITOCLÁSTICOS			AREIAS LITOCLÁSTICAS			SED. LODOSOS LITOCLÁSTICOS						
	Sup. a 2 mm > 70 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm > 15 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm < 15 % FRACÇÃO DOMINANTE						
	CG1	CM1	CF1	CA1	AC1	AG1	AM1	AF1	AL1	LA1	L1	LL1	
	Sup. a 9 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 4 mm > 70 % Cascalho médio bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho fino bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 2 mm > 15 % Areia cascalho bioturbado	Sup. a 0,5 mm > 15 % Areia grossa bioturbada	Sup. a 0,25 a 0,5 mm > 15 % Areia média bioturbada	Sup. a 0,062 a 0,25 mm > 15 % Areia fina bioturbada	Areia bioturbada	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	
SEDIMENTOS LITOTRILÓSTICOS	AREIAS LITOTRILÓSTICAS			AREIAS LITOTRILÓSTICAS			SED. LODOSOS LITOTRILÓSTICOS						
	Sup. a 2 mm > 70 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm > 15 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm < 15 % FRACÇÃO DOMINANTE						
	CG2	CM2	CF2	CA2	AC2	AG2	AM2	AF2	AL2	LA2	L2	LL2	
	Sup. a 9 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 4 mm > 70 % Cascalho médio bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho fino bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 2 mm > 15 % Areia cascalho bioturbado	Sup. a 0,5 mm > 15 % Areia grossa bioturbada	Sup. a 0,25 a 0,5 mm > 15 % Areia média bioturbada	Sup. a 0,062 a 0,25 mm > 15 % Areia fina bioturbada	Areia bioturbada	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	
SEDIMENTOS BIOTRILÓSTICOS	AREIAS BIOTRILÓSTICAS			AREIAS BIOTRILÓSTICAS			SED. LODOSOS BIOTRILÓSTICOS						
	Sup. a 2 mm > 70 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm > 15 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm < 15 % FRACÇÃO DOMINANTE						
	CG3	CM3	CF3	CA3	AC3	AG3	AM3	AF3	AL3	LA3	L3	LL3	
	Sup. a 9 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 4 mm > 70 % Cascalho médio bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho fino bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 2 mm > 15 % Areia cascalho bioturbado	Sup. a 0,5 mm > 15 % Areia grossa bioturbada	Sup. a 0,25 a 0,5 mm > 15 % Areia média bioturbada	Sup. a 0,062 a 0,25 mm > 15 % Areia fina bioturbada	Areia bioturbada	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	
SEDIMENTOS BIOTRILÓSTICOS	AREIAS BIOTRILÓSTICAS			AREIAS BIOTRILÓSTICAS			SED. LODOSOS BIOTRILÓSTICOS						
	Sup. a 2 mm > 70 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm > 15 % FRACÇÃO DOMINANTE			Sup. a 2 mm < 15 % FRACÇÃO DOMINANTE						
	CG4	CM4	CF4	CA4	AC4	AG4	AM4	AF4	AL4	LA4	L4	LL4	
	Sup. a 9 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 4 mm > 70 % Cascalho médio bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho fino bioturbado	Sup. a 2 mm > 70 % Cascalho grosso bioturbado	Sup. a 2 mm > 15 % Areia cascalho bioturbado	Sup. a 0,5 mm > 15 % Areia grossa bioturbada	Sup. a 0,25 a 0,5 mm > 15 % Areia média bioturbada	Sup. a 0,062 a 0,25 mm > 15 % Areia fina bioturbada	Areia bioturbada	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	Lodo bioturbado	

C - cascalho  
A - areia  
L - lodo

zona rochosa

100

- isobálmica dos 100 metros

C - cascalho  
A - areia  
L - lodo



100 - isobatalmética dos 100 metros

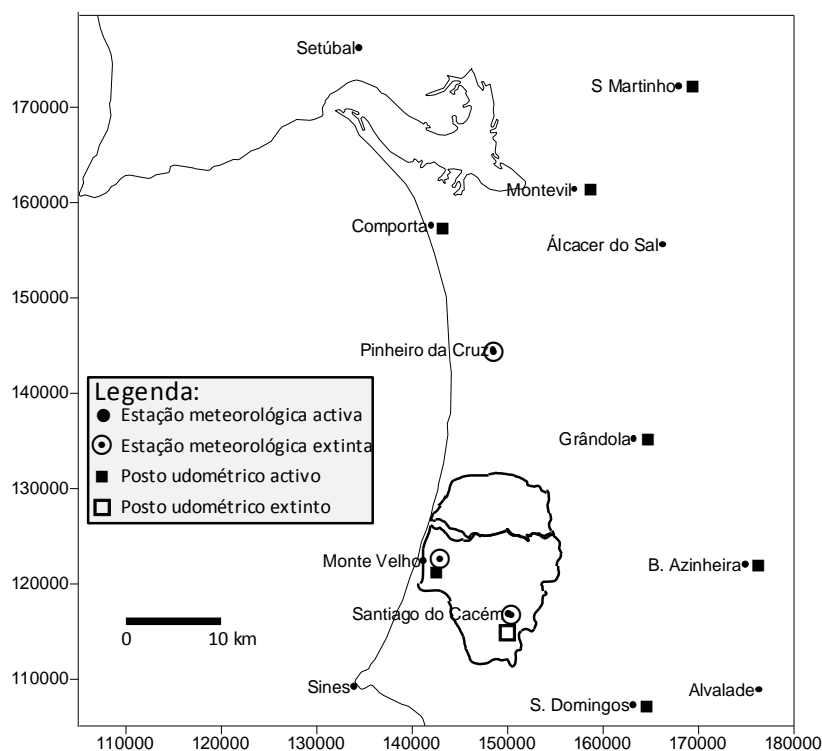
**Figura IV.5-3 - Extracto da Carta de Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental do Cabo de Sines editada em 2005 pelo Instituto Hidrográfico.**

## IV.6 Enquadramento Climático

### IV.6.1 AGENTES CLIMÁTICOS

Os ambientes lagunares costeiros, por constituírem geralmente sistemas pouco profundos com trocas reduzidas com o oceano, são fortemente condicionados por agentes climáticos como a temperatura, precipitação, evaporação, vento e agitação marítima, desempenhando o clima um papel preponderante nas características destes ambientes. O carácter sazonal destes agentes induz modificações periódicas nos ambientes lagunares, nomeadamente nos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso, no volume das contribuições externas de materiais das bacias hidrográficas e nas características do clima de agitação.

Um enquadramento climático exaustivo da região em estudo foi já efectuado no passado por CRUCES (2001), pelo que aqui se vão resumir as informações mais importantes, com base nas mesmas séries temporais das estações meteorológicas (Monte Velho, Santiago de Cacém e Grândola) e postos udométricos (Monte Velho, Santiago de Cacém e Grândola) utilizados pela autora, mais próximos do ambiente lagunar e interdunares em estudo (**Figura IV.6-1, Tabelas IV.6-1, IV.6-2**).



**Figura IV.6-1** - Localização das Estações Meteorológicas e dos Postos Udométricos relativamente às bacias hidrográficas das lagoas de Melides e Santo André.

Os valores médios da temperatura mensal variam com regularidade ao longo do ano, verificando-se os valores mais baixos nos meses de Dezembro e Janeiro (nunca sendo inferiores a 10°C) e os valores mais altos em Julho, Agosto e Setembro. No entanto, relativamente às temperaturas médias registadas nos meses mais quentes, ressalta que na estação de Monte Velho embora se aproximem do valor de 20°C, nunca o ultrapassam, o mesmo já não se verificando em Santiago do Cacém e Grândola, onde esse valor é ultrapassado (**Figura IV.6-2**). Este facto, associado aos valores da amplitude da variação anual ( $T_{média}$  do mês mais quente -  $T_{média}$  do mês mais frio), de 9,1°C para Monte Velho, 10°C para Santiago do Cacém e



12,7°C para Grândola, atestam o carácter mais continental das duas últimas e o papel regularizador do oceano na faixa junto ao litoral. As temperaturas médias anuais são muito semelhantes em todas as estações - 15,1°C em Monte Velho, 15,8°C em Santiago do Cacém e 15,7°C em Grândola.

A região caracteriza-se por precipitações concentradas nos meses de Outono/Inverno, com valores de precipitação anual média (Panual média) mais elevados no interior, nas regiões com quadro climático de maior continentalidade (Grândola, Panual média = 679mm e Santiago do Cacém, Panual média = 764mm), ao qual se sobrepõe, por vezes o efeito da orografia. Pelo contrário, na faixa litoral os valores são mais baixos, sendo a precipitação anual média em Monte Velho de 523mm. Pode afirmar-se que esta região apresenta um semestre chuvoso e um seco. O primeiro é constituído pelos meses de Outubro a Março, em que nas estações mais interiores a precipitação média mensal se aproxima ou excede a maior parte dos meses os 90mm, enquanto na faixa mais próxima do mar esse valor nunca é atingido (**Figura IV.6-2**). Neste semestre ocorre cerca de 77%, 81% e 82% da precipitação média anual em Monte Velho, Santiago do Cacém e Grândola, respectivamente. No semestre seco, que decorre entre os meses de Abril e Setembro, os quantitativos pluviométricos são mais baixos, registando os meses de Julho e Agosto as menores precipitações médias (**Figura IV.6-2**).

**Tabela IV.6-1** - Estações meteorológicas localizadas na área de influência das bacias hidrográficas das lagoas de Melides e Santo André.

Nome	Estação Meteorológica				Distância (km) à Lagoa	
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de Funcionamento	Melides	Santo André
Monte Velho	38° 04' N	8° 48' W	17	1972-1984 Extinta	7,6	4,2
Santiago do Cacém	38° 01' N	8° 42' W	228	1940-74 Extinta	14,9	12,6
Grândola	38° 10' N	8° 34' W	94	1967-70 / 1972-81 Extinta	19,4	21,0

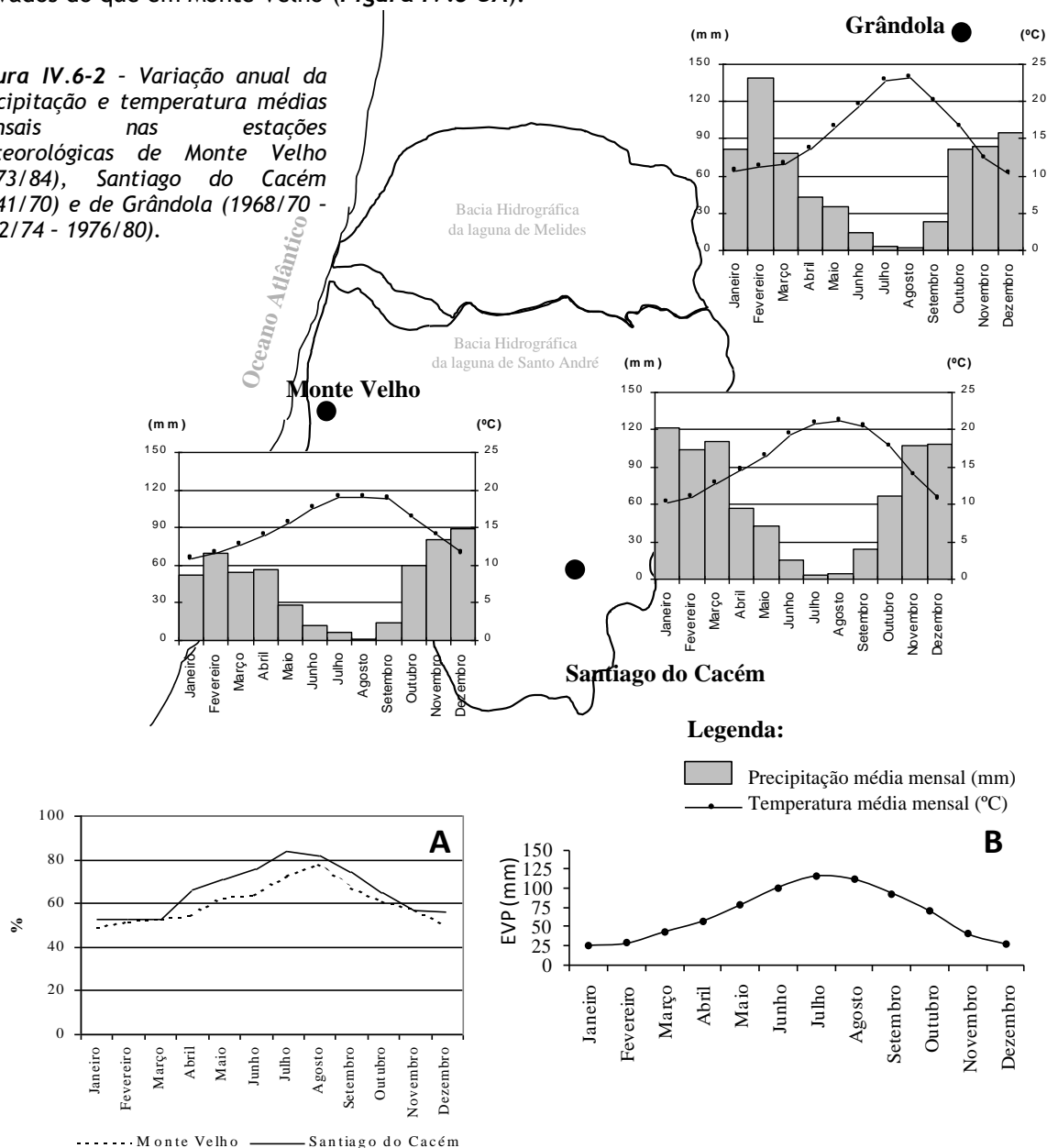
**Tabela IV.6-2** - Postos udométricos localizados na área de influência das bacias hidrográficas das lagoas de Melides e Santo André.

Nome	Posto Udométrico				Distância (km) à Lagoa	
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período de Funcionamento	Melides	Santo André
Monte Velho	38° 04' N	8° 48' W	17	1990-actualidade	7,6	4,2
Santiago do Cacém	38° 01' N	8° 42' W	254	1931-47 Extinta	14,9	12,6
Grândola	38° 11' N	8° 35' W	94	1931-actualidade	21,2	22,9

A insolação (intervalo temporal em que o sol permanece a descoberto) é um parâmetro importante a considerar na dinâmica destes ambientes lagunares, uma vez que a luminosidade é uma das condições de exigência no desenvolvimento das comunidades de fitoplâncton e de macrófitas que “invadem” os ambientes lagunares eutróficos em estudo; se a estas condições propícias se juntarem a disponibilidade de nutrientes, pode conduzir a um rápido desenvolvimento destas comunidades originando crises distróficas com efeitos nefastos para outras comunidades, especialmente a piscícola. Nesta região, os valores médios do tempo de insolação variam regularmente ao longo do ano, registando-se nos meses de Inverno, principalmente Dezembro e Janeiro, os valores mais baixos, com tempos inferiores a metade dos observados durante os meses com máxima insolação - Julho e Agosto. A insolação anual média é de 2682h

em Monte Velho e 2999h em Santiago do Cacém, o que corresponde a 60% e a 66% da insolação máxima possível, respectivamente. A distribuição anual das percentagens de insolação é idêntica, registando os meses de Inverno apenas cerca de 50% de insolação, enquanto nos meses de maior insolação esta pode atingir cerca de 80%, verificando-se em Santiago do Cacém, de uma forma geral, sempre valores mais elevados do que em Monte Velho (*Figura IV.6-3A*).

**Figura IV.6-2** - Variação anual da precipitação e temperatura médias mensais nas estações meteorológicas de Monte Velho (1973/84), Santiago do Cacém (1941/70) e de Grândola (1968/70 - 1972/74 - 1976/80).



**Figura IV.6-3** - A - Variação ao longo do ano da Insolação média mensal (%). [Monte Velho (1973-84); Santiago do Cacém (1945-58)]; B - Distribuição ao longo do ano dos valores da evapotranspiração potencial (EVP) pelo método de Thornthwaite para Santiago do Cacém (1941-70).

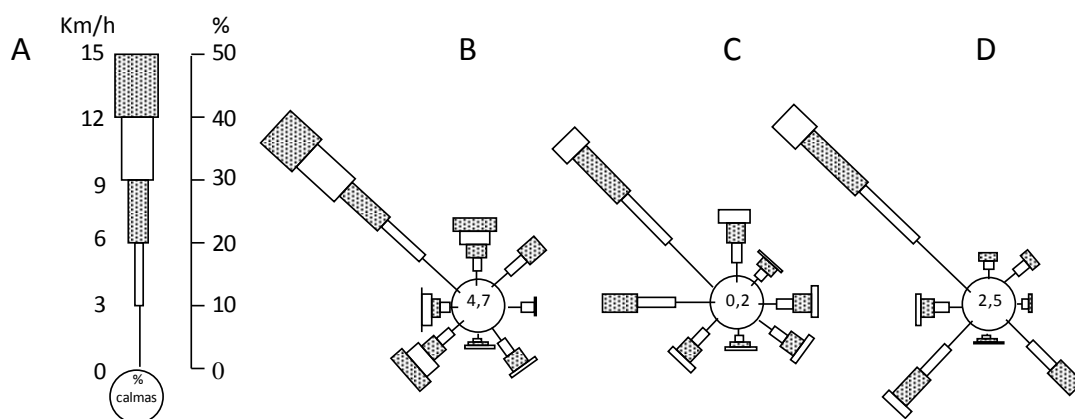
A evapotranspiração potencial determinada pelo método de Thornthwaite para a estação de Santiago do Cacém (REIS & GONÇALVES, 1982) indica que os valores médios mensais têm mínimos nos meses de Janeiro e Dezembro com 25,3 e 26,9mm, respectivamente. Os máximos são registados, naturalmente, durante a época estival, nos meses de Julho e Agosto, com 115,3 e 110,9mm, respectivamente (*Figura IV.6-3B*).

A caracterização do regime de ventos (estações: Grândola, Monte Velho, Santiago do Cacém) encontra-se expressa na **Tabela IV.6-3** e na **Figura IV.6-4**, onde se pode verificar que os rumos médios anuais apresentam clara predominância dos ventos do octante NW com frequências superiores a 33%, independentemente da distância ao litoral e da orografia, sendo na faixa costeira que estes ventos registam maiores velocidades médias anuais (14,5km/h - Monte Velho). Seguem-se-lhes os ventos de SW em Monte Velho e Grândola e de W em Santiago do Cacém (**Tabela IV.6-3**, **Figura IV.6-4**). Os valores médios mensais de ventos fortes ( $V_{média} \geq 36\text{km/h}$ ) indicam que a sua ocorrência é maior de Janeiro a Março e em Setembro na estação de Monte Velho e de Fevereiro a Abril na de Santiago do Cacém, com totais anuais de 7,6 dias e 6,8 dias, respectivamente. Em Grândola, regista-se apenas 1 dia com ventos fortes. É na faixa costeira que se observa o maior número de dias com ventos muito fortes ( $V_{média} \geq 55\text{km/h}$ ) sendo os totais anuais de 2,2 dias em Monte Velho, de 0,2 em Santiago do Cacém e de 0 dias em Grândola. Do mesmo modo, é também nesta faixa que predomina a ocorrência dos ventos com  $V_{média} \leq 1\text{ km/h}$ , denominados "calmos", observando-se cerca de 4,7, de 0,2, e de 2,5 dias/ano, respectivamente nas estações referidas.

**Tabela IV.6-3** - Frequência  $F$  (%) de ocorrência do vento para cada um dos rumos principais e de calmas ( $C$ ) e velocidade média anual ( $V_m$ ) por rumo.

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		Calmas
	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F	$V_m$	F
Monte Velho (a)	10,7	15,1	10,4	9,0	4,3	6,4	8,3	9,7	2,1	11,5	12,9	14,7	6,8	12,1	39,7	14,5	4,7
Santiago do Cacém (b)	11,7	11,1	5,2	9,7	9,6	10,0	8,8	10,0	3,3	9,9	9,4	10,2	18,0	8,7	33,7	10,0	0,2
Grândola (c)	4,0	8,6	6,1	7,9	2,4	8,3	15,8	8,8	1,6	11,0	18,8	9,8	7,6	10,1	41,3	10,3	2,5

Séries temporais utilizadas: (a) 1973-74, 1977-78, 1980 (I.N.M.G., 1973, 1974, 1977, 1978, 1980); (b) 1951-74 (I. N. M. G., 1991); (c) 1968-69 (S.N.M., 1968, 1969). I.N.M.G - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica; S.M.N. - Serviço Meteorológico Nacional.

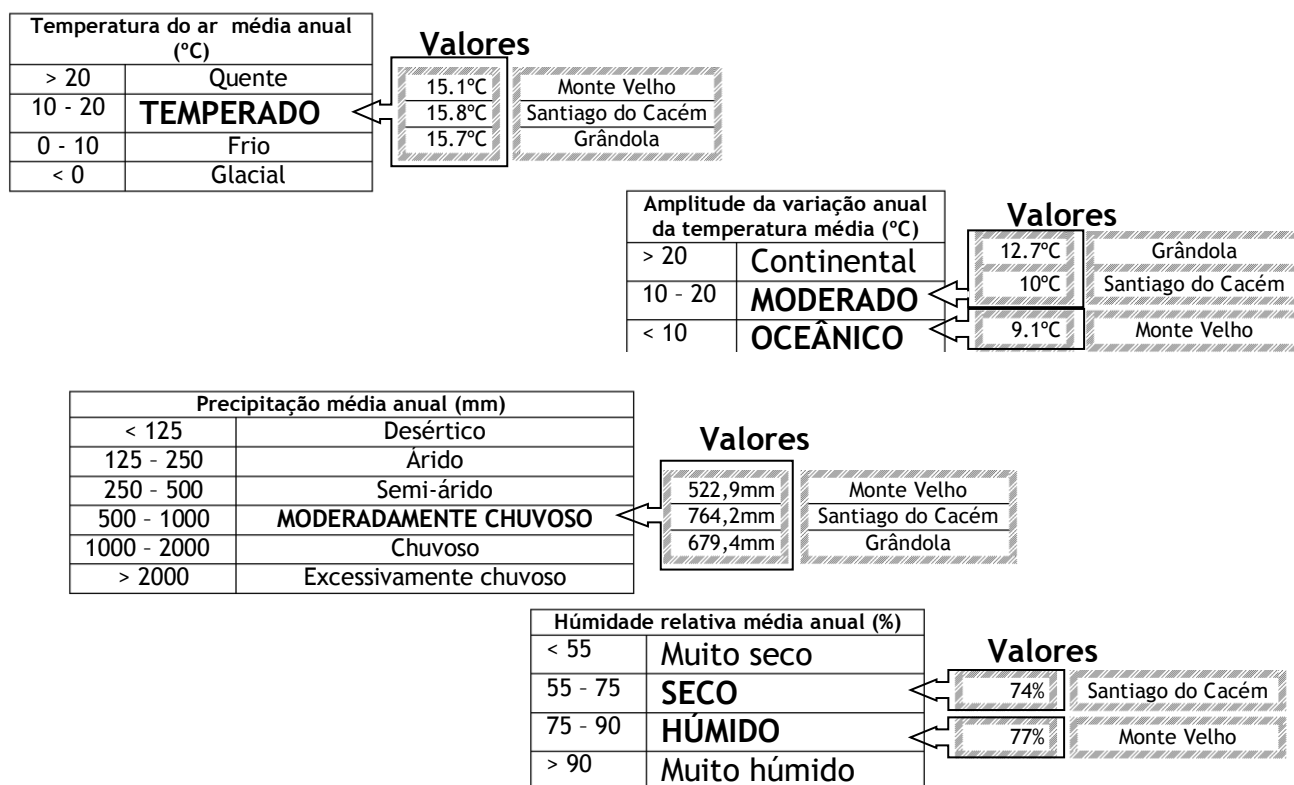


**Figura IV.6-4** - Rosa dos ventos com a frequência dos rumos dos ventos e velocidades médias respectivas. No centro de cada rosa encontra-se a frequência dos ventos "calmos" ( $V_{média} \leq 1\text{ km/h}$ ): A - Escala; B - Monte Velho; C - Santiago do Cacém; D - Grândola.

### Classificação climática

A classificação climática simples de uma região faz-se com base em vários critérios, podendo utilizar-se as médias anuais da temperatura, da amplitude térmica, da precipitação e da humidade relativa (S.M.N., 1952), para definição de classes. Deste modo, comparando os valores observados nas

estações meteorológicas de Monte Velho, Santiago do Cacém e Grândola com as classes previamente definidas, pode dizer-se que o clima da região enquadrante das bacias hidrográficas da laguna de Melides e dos intedunares em estudo é, na faixa costeira, temperado oceânico, moderadamente chuvoso, húmido, passando a temperado moderado, seco, à medida que se afasta do litoral, acentuando-se a continentalidade (**Figura IV.6-5**).



**Figura IV.6-5** - Enquadramento das características climáticas registadas nas estações meteorológicas de Monte Velho, Santiago do Cacém e Grândola de acordo com a classificação climática simples (classes segundo S.M.N., 1952).

Segundo a classificação quantitativa de Köppen, que se baseia nos valores médios da temperatura e da precipitação, assim como da sua distribuição anual, pode dizer-se que o clima da região do Baixo-Alentejo (onde se insere a laguna, os interdunares e as respectivas bacias hidrográficas) é Temperado, com acentuada secura estival e Inverno pluvioso.

A isotérmica de 22°C no mês mais quente do ano, aproximadamente paralela à linha de costa e situada imediatamente a leste da Serra de Grândola (S.M.N., 1952), separa duas regiões de forma climática distinta: a Csa (a E da isotérmica) e a Csb (a W da isotérmica). De forma resumida, temos então (S.M.N., 1952):

C - clima mesotérmico (ou temperado) húmido: a temperatura média do ar no mês mais frio do ano está compreendida entre 0° e 18°C;

s - estação seca no Verão: a quantidade de precipitação no mês mais seco do semestre quente é inferior a um terço da do mês mais pluvioso do semestre frio e inferior a 40mm;

a - Verão quente: a temperatura média do ar no mês mais quente do ano é superior a 22°C;

b - Verão pouco quente mas extenso: a temperatura média do ar no mês mais quente do ano é inferior a 22°C e há mais de quatro meses em que a temperatura média do ar é superior a 10°C.

Deste modo, pode dizer-se que esta região se enquadra na zona temperada com características mediterrânicas, por apresentar Verões muito quentes, longos e secos e Invernos suaves de curta duração, com precipitações escassas e irregulares que se concentram essencialmente no Outono e no Inverno.

#### IV.6.2 AGENTES OCEÂNICOS

Os agentes oceânicos têm uma importância fundamental na dinâmica do troço litoral em que se inserem os ambientes em estudo (laguna e interdunares húmidos), nomeadamente na remobilização e transporte de sedimentos, sendo este o agente modelador mais importante do Sistema Costeiro.

No Sistema Lagunar, propriamente dito, a barreira que separa a laguna do oceano condiciona a acção destes agentes no meio lagunar. Durante o período em que a barra de maré se mantém activa (geralmente menos de um mês), ocorrem importantes trocas entre o meio lagunar e o oceânico, proporcionadas pelas correntes de maré, sendo estas, juntamente com a ondulação, responsáveis pela remobilização de quantidade apreciável de sedimentos na região vestibular da laguna e pela modificação, por vezes drástica, das características físico-químicas do corpo hídrico lagunar. Pelo contrário, quando a barra de maré se encontra encerrada, a influência faz-se sentir principalmente durante eventos tempestivos quando ocorre galgamento da barreira arenosa por ondas de altura elevada conduzindo à entrada de água salina no espaço lagunar e ao robustecimento altimétrico, do cordão arenoso por acreção de sucessivas lâminas arenosas. Os episódios tempestivos podem também ser responsáveis por importantes fenómenos destrutivos no Sistema Costeiro conduzindo a rebaixamentos acentuados no perfil de praia resultantes da transferência de importante volume de sedimentos para a zona submersa.

Nos interdunares húmidos são estes eventos de características mais destrutivas que também podem ser responsáveis pela introdução de alguma água salgada, exclusivamente no Poço do Barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha. Ao contrário do registado no ambiente lagunar, que periodicamente estabelece comunicação com o mar através de uma barra de maré, estes pequenos “lagos” no interior das dunas não recolhem caudal hídrico suficiente para que ocorra o rompimento natural da barreira. A última ligação natural conhecida da Lagoa da Sancha ao mar foi no ano de 1967.

##### IV.6.2.1 MARÉ

No litoral sudoeste alentejano, como aliás na restante faixa costeira portuguesa, a maré é semi-diurna. A amplitude de maré varia entre 1,5 - 3,5m (GOMES, 1992), a que corresponde o domínio "mesotidal" na classificação de DAVIES (1964 e 1977) e "mesotidal elevado" na classificação modificada de DAVIES, proposta por HAYES (1979). Segundo a Carta Hidrográfica da Lagoa de Santo André ao Cabo Sardão (escala 1/75 000), publicada pelo Instituto

**Tabela IV.6-4** - Altura do Preia-Mar e do Baixa-Mar (metros - NMM) em diferentes condições, para a região de Sines (segundo a Carta Hidrográfica da Lagoa de Santo André ao Cabo Sardão, escala 1/75 000, 2ª edição publicada pelo Instituto Hidrográfico em 1995).

PM Máximo	PM Águas-vivas	PM Águas-mortas
3,8	3,3	2,6
BM mínimo	BM Águas Vivas	BM Águas Mortas
0,1	0,6	1,3

Hidrográfico em 1995 a cota dos Preia-mar variam entre 2,6m e 3,8m e aos dos Baixa-mar entre 0,1 e 1,3m (*Tabela IV.6-4*).

#### IV.6.2.2 AGITAÇÃO MARÍTIMA

O conhecimento do clima de agitação marítima é de crucial importância para a compreensão do regime de transporte de sedimentos no troço Tróia-Sines, sendo as características das ondas junto ao litoral responsáveis pela evolução do sistema de barreira e um dos factores condicionantes da dinâmica das barras de maré dos sistemas lagunares em estudo.

Como os ambientes em estudo se inserem na metade sul do arco litoral Tróia-Sines, irá caracterizar-se o regime de agitação para a região de Sines com base em alguns trabalhos consultados desenvolvidos com dados da bóia ondógrafo de Sines, utilizando séries temporais diversas:

- 1956-1975: no estudo WES - Wave Environment at Sines (*in* PROMAN, 1987) foi utilizada uma análise feita por modelo matemático, de espectros bidimensionais da agitação calculados entre 1956 e 1975. Verifica-se que para condições ao largo de Sines, a altura mediana aumenta à medida que o rumo roda de SW para W, de 1,9 a 2,3m, respectivamente e que para norte do W essa mediana diminui, ou seja, associam-se aos rumos mais frequentes (NW e WNW) alturas medianas mais pequenas. No entanto, as alturas máximas provêm do sector NW;
- 1974/76 (bóia Sines L a 90m de profundidade) e 1974/80 (bóia Sines M a 50m de profundidade): no estudo realizado por PIRES & PESSANHA (1986) apoiado na análise de séries de registos efectuados por duas bóias ondógrafo e nas observações por estima visual para a obtenção do espectro direcciona, conclui-se que nas condições de agitação marítima mais frequente predominam componentes de NW, com altura significativa de 1-1,5m e período médio de zeros de 5 a 6s. Os meses com mar mais calmo são, por ordem decrescente, Agosto, Julho e Junho, ocorrendo a agitação marítima mais severa, pela mesma ordem, nos meses de Fevereiro, Dezembro e Janeiro. Os maiores valores de altura significativa ocorrem quando existe predominância das componentes de W com importantes componentes de SW e os maiores períodos associam-se à ondulação de W ou WNW. Efectivamente, os registos efectuados durante os temporais ocorridos no final da década de setenta, durante os quais o molhe W de protecção do porto de Sines sofreu estragos consideráveis, confirmam os últimos dados anteriores;
- Maio/1988 a Dezembro/1993: o projecto PO-WAVES com a instalação de bóias direccionais em vários pontos do país, entre eles Sines - bóias Sines 1 (águas profundas - estação permanente) e Sines 6 (águas intermédias - estação temporária) - permitiu a aquisição de dados direccionais em Sines para a série temporal referida, tendo sido apresentados por COSTA (1994) os resultados obtidos na estação permanente. Este autor concluiu que as médias mensais da altura significativa, período médio de zeros (T02) e período de pico (TP) oscilam entre 1,1-1,6m, 5-9s, 8-13s, respectivamente. A altura do ano com maior número de dias de temporal ocorre no período de Inverno, em particular durante os meses de Novembro a Março (com pico em Dezembro) enquanto nos restantes meses do ano essas situações são pouco frequentes. Os

temporais mais frequentes são do sector WNW e de W cuja altura significativa pode ultrapassar os 8m;

- Maio/1998 a Dezembro/2000: o trabalho de COSTA *et al.* (1993, *in* PEREIRA, 2004) baseia-se numa série temporal com 28 833 observações concluindo o predomínio de ondas com alturas no intervalo 1 - 2m, com período médio de zeros de 5 - 9s e que o rumo dominante é do octante NW ao longo do ano e principalmente no período de “Verão marítimo”, aumentando a frequência dos rumos de W e SW na época de “Inverno marítimo”.

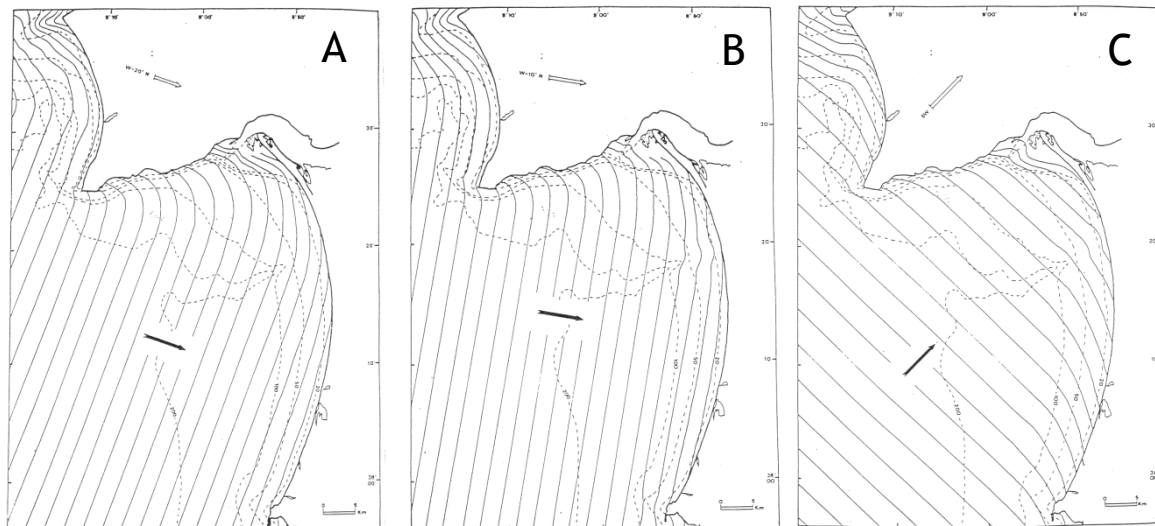
O arco Tróia-Sines apresenta características geomorfológicas e fisiográficas bastante peculiares, constituindo um arco em espiral logarítmica típico de "praias de enseada". Encontra-se limitado no lado setentrional pela foz do rio Sado e pela Serra da Arrábida que se prolonga para W até ao Cabo Espichel e no lado meridional pela saliência rochosa que constitui o Cabo de Sines. O efeito conjugado destas características com a batimetria, induz refração à ondulação actuante ao largo, podendo esta atingir o litoral com direcções completamente distintas das iniciais. A posição da Península de Setúbal deslocada para W do alinhamento do arco Tróia-Sines confere efeito de abrigo à parte superior do arco gerando-se refração da ondulação com rumos para N do W (direcção dominante) atingindo junto ao litoral rumos de SW (**Figura IV.6-6A e B**). Este regime provoca no troço superior transporte sedimentar de S para N, que se vai atenuando à medida que se caminha para S até atingir um ponto singular (podendo oscilar a sua posição no tempo) onde o transporte é praticamente nulo, predominando os transportes transversais em detrimento dos longitudinais. A agitação marítima com componentes de SW atinge, sem sofrer praticamente refração, a totalidade dos 65km deste litoral induzindo transporte longitudinal de Sines para Tróia (**Figura IV.6-6C**). Pelo atrás exposto se conclui que na zona terminal da restinga de Tróia, independentemente do rumo da agitação ao largo, o transporte de sedimentar é de resultante para N e que no restante troço do arco, durante a maior parte do ano, sob o efeito da ondulação dominante com rumos rodados a N, o transporte longitudinal é praticamente nulo sendo as trocas essencialmente transversais (ABECASSIS, 1987). Segundo o mesmo autor, os cabos Espichel e Sines não são contornados por quantidades significativas de sedimentos em qualquer dos sentidos, nem o Sado constitui importante fonte de alimentação sedimentar uma vez que parte significativa das aluviões fluviais se deposita a montante da embocadura (nas proximidades da Setenave). Desta forma, segundo ABECASSIS (1987), pode dizer-se que no que diz respeito ao transporte sedimentar longitudinal, o litoral entre Tróia-Sines se encontra em situação "de quase equilíbrio estático", exceptuando a zona da península de Tróia, onde predomina a acumulação.

O trabalho de PEREIRA (2004) apresenta uma estimativa da deriva litoral residual para vários sectores do arco litoral Tróia-Sines utilizando dois modelos matemáticos (RCPWAVE, RSAAC). A autora chegou a valores e sentidos da deriva diferentes (**Tabela IV.6-4**) mas comparando os resultados analíticos com as características da dinâmica litoral conhecida (microescala temporal), e com a evolução morfológica do arco litoral obtida por métodos de comparação cartográfica e de análise de fotografia aérea (mesoescala temporal), concluiu que o segundo modelo se aproxima da dinâmica à mesoescala temporal. Os resultados dessa modelação indicam uma corrente de deriva litoral residual de Sul para



Norte, que varre a totalidade do arco e que aumenta progressivamente desde as Areias Brancas até às imediações da Praia da Aberta Nova, diminuindo a partir desse ponto. Face a estes resultados refere que o arco litoral pode ser dividido em dois sectores:

- Sector NORTE (Comporta - Pinheiro da Cruz) - tendência de ACUMULAÇÃO;
- Sector SUL (Medronheiro - Areias Brancas) - tendência de EROSÃO.



**Figura IV.6-6 - Planos de onda teóricos (Quevauviller, 1985, in Gomes, 1992):**

A - ondulação com rumo W20°N e período de 10 s;

B - ondulação com rumo W10°N e período de 10 s;

C - ondulação com rumo SW e período de 12 s.

Esta modelação numérica permitiu-lhe obter valores para a Deriva Litoral Residual na ordem dos  $10^5 \text{m}^3/\text{ano}$  com valores mais elevados no sector em erosão (**Tabela IV.6-4**). Estes resultados parecem não ser concordantes com o comportamento das barras de maré efémeras das lagunas de Melides e Santo André (ambas posicionadas em pleno sector erosivo com deriva para Norte), que uma vez abertas artificialmente ou naturalmente evoluem até ao seu encerramento completo (1 semana a 1 ou 2 meses) sem divagação importante, sendo por isso denominadas de barras “fixas”.

**Tabela IV.6-4 - Valores de Deriva Litoral Residual ( $Q_{l \text{ residual}}$ ) e do sentido, obtidos por PEREIRA (2004) utilizando modelação matemática.**

Modelo	RCPWAVE		RSAAC	
Local	$Q_{l \text{ residual}} (\times 10^5) (\text{m}^3/\text{ano})$	Sentido da deriva	$Q_{l \text{ residual}} (\times 10^5) (\text{m}^3/\text{ano})$	Sentido da deriva
Malha da Costa	0,91	Sul	1,1	Sul
Comporta	0,55	Norte	2,3	Norte
Torre	0,59	Norte	2,6	Norte
Raposa	0,95	Sul	4,2	Norte
Melides	7,4	Sul	3,7	Norte
Areias Brancas	130,0	Sul	1,7	Norte



CAPÍTULO V

---

MÉTODOS







## V.1 Introdução

O estudo do ambiente lagunar de Melides e dos interdunares húmidos dos Poços do Barbaroxa (de Baixo, do Meio e de Cima) e da Lagoa da Sancha foi realizado a três escalas temporais distintas, com metodologias, naturalmente diferentes:

- micro-escala: aborda o estudo dos fenómenos, processos e transformações de curta duração (até aproximadamente uma década), o que privilegia a análise sazonal, típica de engenharia ou de planos de ordenamento. Esta aproximação baseia-se na monitorização da qualidade da coluna de água, dos sedimentos (de fundo lagunar, barreira arenosa, fluviais), da dinâmica da barra de maré do sistema lagunar.

- meso-escala: aborda o estudo dos processos ocorridos em intervalos temporais com ordem de grandeza de séculos, recorrendo-se à análise de documentação histórica e ao estudo de testemunhos sedimentares “curtos” do fundo lagunar.

- macro-escala: aborda o estudo dos processos/respostas ocorridos a uma escala milenar, especialmente os ocorridos desde o Último Máximo Glaciário; são as escalas típicas da Geologia. Para se cumprir esse objectivo recorre-se ao estudo de sondagens que recuperam o enchimento Plisto-Holocénico dos actuais vales intensamente assoreados.

Para além da abordagem a escalas temporais diferentes, é importante efectuar-se um reconhecimento dos sistemas adjacentes aos meios lagunares e interdunares, caracterizando os sistemas litorais e fluviais, que com os primeiros estabelecem trocas (unívocas e/ou biunívocas). De seguida e antecedendo a exposição dos métodos utilizados no presente estudo explanam-se, de forma resumida, as características dos sistemas adjacentes aos sistemas lagunares, abordando-se a sua influência para este último.

## V.2 Trabalhos de campo

### V.2.1 MICROESCALA

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos no ambiente lagunar activo de Melides e nos interdunares húmidos dos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha incidindo igualmente nos sistemas litorais e fluviais adjacentes aos meios em estudo. A selecção da rede de estações, na laguna de Melides, teve por base o trabalho prévio de CRUCES (2001); a caracterização geoquímica dos sedimentos lagunares e o estudo sedimentológico e geoquímico dos sedimentos dos interdunares e dos fluviais constituem uma abordagem inédita.

Os trabalhos de campo, na laguna e nos interdunares consistiram em:

- **Sistema lagunar e interdunar húmido:**

1. Avaliação dos parâmetros físico-químicos dos hidrossomas em distintas épocas do ano;
2. Monitorização da cota do espelho de água lagunar (em período de presença/ausência de barra de maré);
3. Recolha de sedimentos superficiais.

- **Sistema litoral:**

1. Amostragem dos sedimentos da barreira arenosa que isola estes ambientes.

- **Sistema fluvial:**

1. Recolha de sedimentos superficiais.

#### V.2.1.1 CORPO AQUOSO (REDES DE AMOSTRAGEM E CAMPANHAS DE CAMPO)/COTA ABSOLUTA DO PLANO DE ÁGUA LAGUNAR

As campanhas na Lagoa de Melides, no interdunar do Poço do barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha realizaram-se com recurso a uma pequena embarcação (**Anexo V - Foto A.V.1-1**) e as medições dos parâmetros físico-químicos foram efectuadas sempre durante o período diurno.

Em cada estação, a medição dos parâmetros físico-químicos da coluna de água, sempre que esta tinha espessura superior a 50 cm, efectuou-se à superfície e de 0,5 em 0,5m até junto ao fundo, onde se realizava a última medição. Em algumas campanhas, a reduzida espessura da coluna de água, apenas permitiu a leitura à superfície e em algumas situações impossibilitou o acesso a alguns dos pontos de amostragem.

Nas medições dos parâmetros físico-químicos nem sempre foram utilizados os mesmos equipamentos mas teve-se sempre o cuidado de os calibrar na véspera de cada campanha. Foram utilizados os seguintes meios técnicos (**Anexo V - Foto A.V.1-2**), a partir da embarcação ou a partir da margem:

- Temperatura/Salinidade/Condutividade - condutímetro/salinómetro WTW do tipo LF 191. Este aparelho permite corrigir o valor bruto da condutividade dos efeitos da temperatura e da pressão, obtendo-se directamente o valor da salinidade. O condutímetro utilizado mede os valores de condutividade para a temperatura internacional de referência de 25°C e os de salinidade para valores de 15°C (temperatura de referência das Tabelas Internacionais de Oceanografia - I.O.T.) sendo este ajuste feito automaticamente com o sensor interno de temperatura;

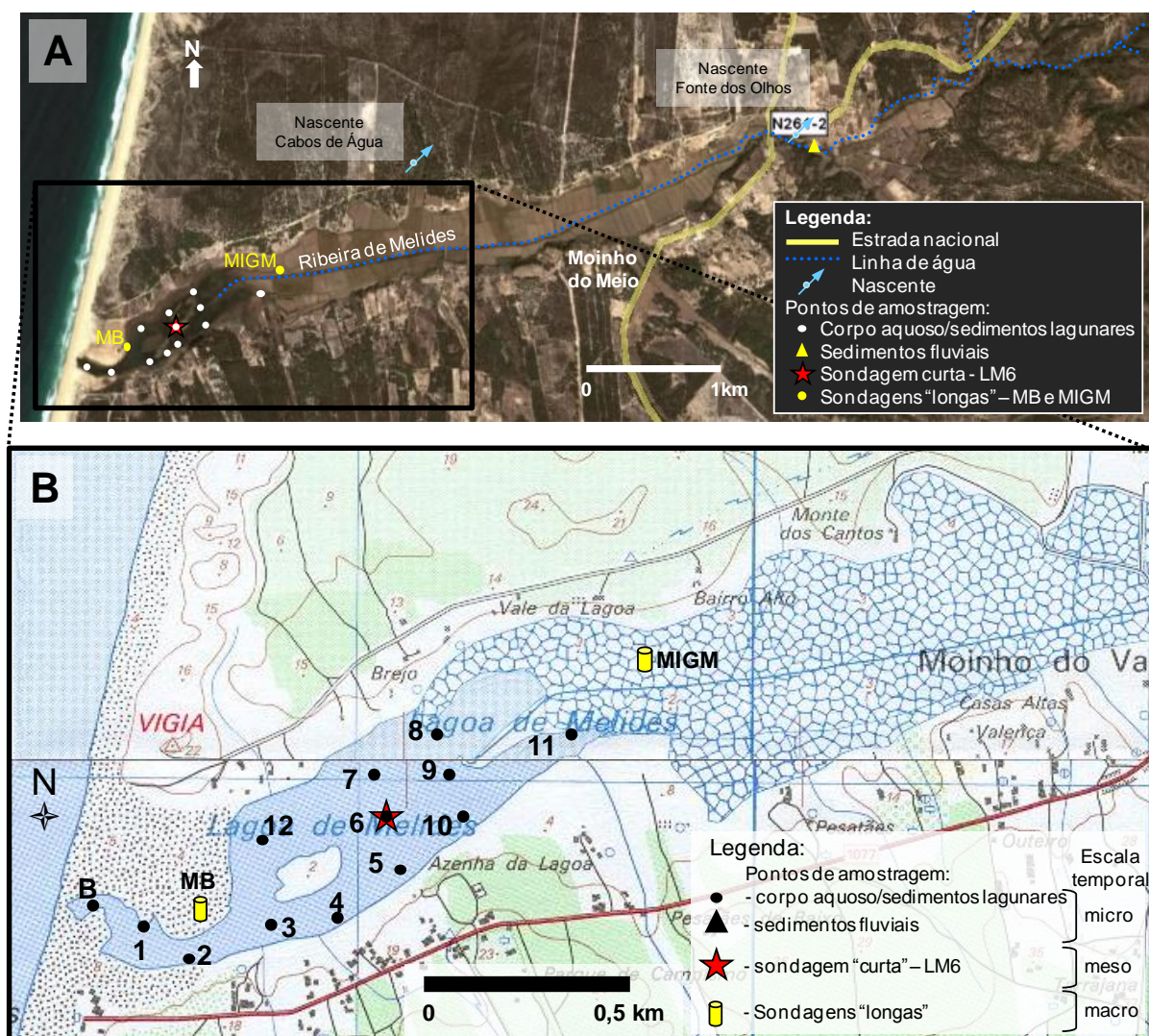
- Oxigénio dissolvido - aparelho YSI model 57, oxigen-meter;
- pH - aparelho WTW, pH 90. Em algumas campanhas quando estava disponível a sonda com cabo de 1m, foi necessário proceder à recolha da água nos diferentes níveis com uma garrafa de colheita de águas apropriada (garrafa de Van Dorn - **Anexo V - Foto A.V.1-3**), sendo lidos os valores deste parâmetro à superfície;
- Temperatura, Salinidade, Condutividade, Turbidez, pH e Eh - Sonda multiparâmetros HORIBA.
- Disco de sechi.

Em algumas campanhas, por dificuldades técnicas nem sempre foi possível a avaliação da totalidade dos parâmetros.

O acompanhamento das flutuações sazonais do espelho de água lagunar (em situação de ausência de barra de maré) foi efectuado na laguna de Melides, com o auxílio de uma estação total Zeiss delta R55 (**Anexo V - Foto A.V.1-4**), tendo-se obtido as cotas absolutas por ligação a ponto de referência (mãe-de-cotas: marco geodésico da VIGIA, posicionado na margem norte da laguna, sobre o campo dunar antigo), ligado à rede geodésica nacional.

### V.2.1.1.1 Lagoa de Melides

A rede de amostragem estabelecida teve como objectivo caracterizar, o melhor possível, as distintas zonas lagunares, consoante a sua maior ou menor proximidade ao oceano e a terra e em alguns casos a maior proximidade à zona de descarga das águas provenientes da orizicultura na várzea da ribeira de Melides. Deste modo, na rede estabelecida (**Figura V.2-1**) os pontos de amostragem têm distribuição aproximadamente equidistante mas atendendo à extrema variabilidade da morfologia dos fundos lagunares, fez-se coincidir os pontos de amostragem mais a sul, sempre que possível, com o local mais profundo (canal de escoamento). A rede anteriormente definida por CRUCES (2001) com 12 estações cumpre estes critérios, pelo que se fez coincidir a presente amostragem (**Tabela V.2-1**) com essa para facilitar comparações na evolução temporal dos parâmetros físico-químicos.



**Figura V.2-1** - Rede de amostragem na Lagoa de Melides para o estudo a micro, meso e macroescala temporal: A - Localização dos pontos de amostragem para monitorização da qualidade da água lagunar e da ribeira de Melides, dos sedimentos superficiais e sondagens (imagem do Google Earth - 2009); B - Estações do sistema lagunar e localização da sondagem "curta" LM6 e das "longas" MB e MIGM (base topográfica - Carta Militar nº 494, edição de 2000, escala original 1/25 000).



Durante o período de trabalho da presente dissertação e como continuidade das campanhas apresentadas em CRUCES (2001), realizaram-se 3 campanhas de caracterização do corpo hídrico da laguna de Melides a 18 Novembro de 2000 (campanha G), a 26 de Junho de 2003 (campanha H) e a 27 Março de 2006 (campanha I) (**Tabela VI-1-5** - ver capítulo VI). As campanhas realizadas foram todas efectuadas em ausência de barra de maré, ou seja, com a laguna isolada do contacto com o mar.

A estes resultados foi possível adicionar os obtidos por outros autores (WIENEKE, 1971; Santos, 1994; CRUCES, 2001; COSTA *et al.* 2003; FREITAS *et al.*, 2007a, 2007b, 2008, 2009a, 2009b, 2010b, 2010c, 2011) ou entidades (IPIMAR, 2003; CCDR-Alentejo, 2005) em estudos conduzidos em diferentes períodos do ano e em distintas condições ambientais (**Tabela VI-1-5** - ver capítulo VI), efectuados no passado ou no mesmo intervalo temporal desta tese. Toda a informação permite traçar um quadro dinâmico para este ambiente lagunar.

Os levantamentos topográficos para obtenção da cota do plano de água lagunar, realizados na laguna de Melides (**Tabela VI-1-2** - ver capítulo VI), foram todos ligados a um ponto cotado nos balneários existentes na praia de Melides. O levantamento altimétrico desse ponto foi obtido através da sua ligação ao marco geodésico da VIGIA com estação total.

**Tabela V.2-1** - Identificação das estações de amostragem para avaliação da qualidade da água na Lagoa de Melides (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).

Estação	Latitude	Longitude
1	38° 7'50.29"N	8° 47'29.25"W
2	38° 7'48.82"N	8° 47'25.18"W
3	38° 7'51.49"N	8° 47'14.25"W
4	38° 7'52.65"N	8° 47'7.92"W
5	38° 7'56.79"N	8° 46'59.57"W
6	38° 7'59.71"N	8° 47'2.31"W
7	38° 8'2.54"N	8° 47'5.06"W
8	38° 8'7.23"N	8° 46'56.99"W
9	38° 8'3.82"N	8° 46'56.02"W
10	38° 7'59.64"N	8° 46'55.33"W
11	38° 8'6.33"N	8° 46'46.15"W
12	38° 7'59.15"N	8° 47'13.73"W

#### V.2.1.1.2 Poços do Barbaroxa (Baixo, Meio e Cima)

Dos três Poços do Barbaroxa apenas o Barbaroxa de Cima não apresenta um corpo aquoso (**Anexo V - Foto A.V.3.2-12**). Os outros dois apresentam um hidrossoma efémero que quando presente não ultrapassa alguns centímetros no Barbaroxa do Meio (**Anexo V - Foto A.V.3-11**) e cerca de um metro no Barbaroxa de Baixo (**Anexo V - Foto A.V.3-1, A.V.3-10**).

No Poço do Barbaroxa de Baixo, foram seleccionadas 4 estações para caracterização do hidrossoma (**Figura V.2-2, Tabela V.2-2**) e efectuadas 12 campanhas de campo (**Tabela V.2-3**): duas campanhas em 2002, três em 2007, uma em 2012, quatro em 2013 e duas em 2014. A periodicidade das campanhas pretendeu registar as variações sazonais do hidrossoma, principalmente as de 2013-2014 que foram efectuadas de dois em dois meses. Nos pontos seleccionados, procedeu-se à medição *in situ* das características físico-químicas, à superfície e junto ao fundo (excepto em três campanhas - **Tabela V.2-3**), utilizando-se sondas multiparamétricas a partir de uma pequena embarcação (**Anexo V - Foto A.V.3-1A/B/C, A.V.3-2A/C**). A espessura da coluna de água (profundidade) foi determinada através de cordas graduadas. A cota absoluta do plano de água foi determinada, assumindo-se que a cota da interface água/sedimento na estação 1 é equivalente à cota da boca da sondagem BxBx5 (ver métodos macroescala) e a esse valor (+1,03 m NMM) foi somada a espessura de água na estação 1. A transparência foi avaliada com recurso ao disco Secchi e o valor de H<sub>2</sub>S foi também determinada no campo (**Tabela V.2-2, Tabela V.2-4**). Para além desta caracterização físico-química *in situ*, nas campanhas de 2012 e 2013 procedeu-se

à recolha de água superficial da estação 1, para análises laboratoriais, tendo-se determinado um variado conjunto de elementos e compostos (*Tabela V.2-3, Tabela V.2-4, Tabela V.2-5*).

**Tabela V.2-2** - Localização dos pontos de amostragem do hidrossoma n...  
geográficas em graus, minutos e segundos

Estação	Latitude	Longitude
1	38° 4'45.09"N	8° 48'35.60"W
2	38° 4'45.09"N	8° 48'35.29"W
3	38° 4'44.20"N	8° 48'35.67"W
4	38° 4'45.97"N	8° 48'35.45"W



**Figura V.2-2** - Rede de amostragem do corpo aquoso do Poço do Barbaroxa de Baixo (Earth 19/10/2004).

**Tabela V.2-3** - Datas das campanhas e parâmetros analisados, no campo e em laboratório, dos Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima.

Poço do Barbaroxa	Data	Estações	Parâmetros analisados														Laboratório					
			Campo (in situ)										FCUL						Actilabs		Composição elemental ***	
			Superfície/fundo	Profundidade	Temperatura	Salinidade	Condutividade	O.D.	% Saturação O.D.	Transparência (disco SSechi)	pH	Eh	TDS	H <sub>2</sub> S	Catiões **	Aniões **	Alcalinidade	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub> livre	Dureza Total		
Baixo	4/9/2002	1	s		X						X	X										
	20/11/2002	1	s			X	X															
	8/2/2007	1	s	X	X	X	X	X			X	X	X									
	11/5/2007	1	s/f	X	X	X	X	X	X		X	X										
	18/12/2007	1	s/f	X	X	X	X	X	X		X	X										
	5/12/2012	1 *, 2, 3, 4	s/f	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	6/2/2013	1 *, 2, 3, 4	s/f	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2/4/2013	1 *, 2, 3, 4	s/f	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		
	19/6/2013	1, 2, 3, 4	s/f	X	X	X	X	X	X	X	X		X									
	27/8/2013	1, 2, 3, 4	s/f	X	X	X	X	X	X	X	X											
Meio	22/1/2014	1		X																		
	12/3/2014	1	s/f	X	X	X	X	X	X		X	X	X									
	3/3/2002	BM21		X	X						X	X										
	22/11/2002	margem	S	X		X	X															
Cima	8/2/2007	margem	s/f	X	X	X	X	X	X				X									
	4/9/2002	BC12		X	X						X											
	22/11/2002					X	X															

\* Apenas a amostra da estação 1 foi analisada em laboratório; \*\* Na Tabela V.2-4 estão discriminados os cationes/ aniões analisados no Laboratório de Águas do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; \*\*\* Na Tabela V.2-4 estão discriminados os elementos químicos analisados no laboratório acreditado Actilabs.

**Tabela V.2-4** - Parâmetros analisados e métodos analíticos utilizados nas amostras de água do Poço do Barbaroxa de Baixo e da Lagoa da Sancha.

			PARÂMETROS		MÉTODOS	
Local da análise	Campo	in situ	Temperatura, salinidade, condutividade, O.D., % saturação de O.D., pH, Eh, TDS, transparência (FTU)		Sondas multiparamétricas	
			Transparência (m)		Disco de Secchi	
			H <sub>2</sub> S		Método da Ditizona, que permite a obtenção dos valores da sulfuração total. Consiste numa titulação com acetato de mercúrio, usando Ditizona como indicador. Este método é extremamente sensível e o seu limite de detecção é de 0,01 ppm (ARNÓRSSON, 1991).	
	Laboratório	FCUL	Catiões	Ca, Mg, K, Na, Sr		Espectrofotometria de Absorção Atômica
				Fe, Mn, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb Zn		
			Aniões	F, Cl, Br, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , SO <sub>4</sub>		Cromatografia iônica (cromatógrafo Dionex)
			Alcalinidade			Titulação com uma solução 0,05 M de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , até o pH atingir o valor de 4,5.
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			Obtido pela expressão: Alcalinidade = HCO <sub>3</sub> /1,22)
			CO <sub>2</sub> livre			Titulação alcalimétrica com uma solução 1/44 M de NaOH, até pH 8,3.
			Dureza Total			Segundo protocolo com EDTA
			Actlabs	Composição elementar		ICP-MS no Activation Laboratories Ltd no Canadá. A metodologia e os limites de detecção podem ser consultados em <a href="http://www.actlabs.com">http://www.actlabs.com</a>

A metodologia utilizada no campo e no laboratório encontra-se expressa nas **Tabelas V.2-3 e V.2-4**.

Para a interpretação dos resultados, nos casos em que se dispunha de dois valores para o mesmo parâmetro (Actlabs e FCUL) foram utilizados, preferencialmente, os dados no laboratório Actlabs e sempre que os teores destas análises se revelaram mais elevados que o limite superior do método (“over-range”), impedindo a obtenção de um valor absoluto, optou-se por utilizar os resultados obtidos no Laboratório de Águas do Departamento de Geologia da FCUL.

No Poço do Barbaroxa do Meio as características do hidrossoma foram avaliadas em três datas distintas (duas em 2002 e uma em 2007 - **Tabela V.2-3**). Em Setembro de 2002, o nível freático encontrava-se ao nível do fundo da depressão, pelo que as medições foram efectuadas na água que inundou o furo da sondagem BM21 e em Novembro do mesmo ano já com alguns centímetros de espessura (<20cm) as medições foram feitas à superfície, na margem. Em Fevereiro de 2007, o nível da água estava com cerca de 50cm de espessura (permitindo leituras à superfície e junto ao fundo (Anexo V - Foto A.V.3-3B/C). Todas as medições foram realizadas *in situ* com auxílio de sondas multiparamétricas.

No Poço do Barbaroxa de Cima, como o nível freático raramente aflora, as medições efectuadas nas duas campanhas de 2002 foram sempre registadas num freático próximo da superfície mas tendo sido necessário escavar cerca de 10cm para atingir a água. Na primeira campanha (Setembro de 2002) as medições foram registadas no furo da sondagem BC21 (Ver capítulo V.2.3.1.1). Todas as medições foram realizadas *in situ* com auxílio de sondas multiparamétricas.

**Tabela V.2-5** - Elementos químicos analisados no laboratório Actlabs, por ICP-MS, com os respectivos limites de detecção.

Elemento	Limite de detecção (mg/L)	Elemento	Limite de detecção (mg/L)	Elemento	Limite de detecção (mg/L)	Elemento	Limite de detecção (mg/L)
Li	1	Ni	0.3	In	0.001	Ho	0.001
Be	0.1	Cu	0.2	Sn	0.1	Er	0.001
Na	5	Zn	0.5	Sb	0.01	Tm	0.001
Mg	2	Ga	0.01	Te	0.1	Yb	0.001
Al	2	Ge	0.01	Cs	0.001	Lu	0.001
Si	200	As	0.03	Ba	0.1	Hf	0.001
K	30	Se	0.2	La	0.001	Ta	0.001
Ca	700	Rb	0.005	Ce	0.001	W	0.02
Sc	1	Sr	0.04	Pr	0.001	Hg	0.2
Ti	0.1	Y	0.003	Nd	0.001	Tl	0.001
V	0.1	Zr	0.01	Sm	0.001	Pb	0.01
Cr	0.5	Nb	0.005	Eu	0.001	Bi	0.3
Mn	0.1	Mo	0.1	Gd	0.001	Th	0.001
Fe	10	Ag	0.2	Tb	0.001	U	0.001
Co	0.005	Cd	0.01	Dy	0.001		

### V.2.1.1.3 Lagoa da Sancha

A rede de amostragem estabelecida na Lagoa da Sancha para estudo das características hídricas consiste em 10 estações referenciadas na **Figura V.2-3**. Na **Tabela V.2-6** resumem-se os elementos mais relevantes de cada campanha de amostragem.

**Tabela V.2-6** - Datas das campanhas e parâmetros analisados, no campo e em laboratório, no estudo do hidrossoma da Lagoa da Sancha.

Data	Estações	Parâmetros analisados															
		Campo (in situ)												Laboratório			
		Superfície/fundo	Profundidade	Temperatura	Salinidade	Condutividade	O.D.	% Saturação O.D.	Transparência (turbidez)	pH	Eh	TDS	H <sub>2</sub> S	FCUL			Actilabs
Catiões **	Aniões **													Alcalinidade	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub> livre	Dureza Total
21/6/2001	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,5 em 0,5 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
22/8/2002	1, 2, 3, 5, 7	superfície	X	X	X	X	X	X	X								
22/11/2002	margem próxima da 1	superfície			X	X											
12/1/2004	margem próxima da 1	superfície			X	X				X	X						
8/2/2007	margem próxima da 1, 1	superfície	X	X	X	X	X			X	X	X					
6/2/2012	margem próxima da 1	superfície		X	X	X	X	X		X							
5/12/2012	margem próxima da 2*	superfície		X	X	X	X	X					X		X	X	X
6/2/2013	margem próxima da 1*	superfície	X	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X
27/8/2013	Freático da sondagem 13LS24	superfície		X	X	X	X	X		X	X						
19/3/2014	1, 2, 9, 10	superfície	X			X				X	X	X					

\* Apenas a amostra desta estação foi analisada em laboratório; \*\* Na Tabela V.2-4 estão discriminados os catiões/ aniões analisados no Laboratório de Águas do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; \*\*\* Na Tabela V.2-4 estão discriminados os elementos químicos analisados no laboratório acreditado Actilabs.

A **Tabela V.2-7**, apresenta as coordenadas das estações, sendo que as estações 9 e a 10 têm as mesmas coordenadas que os pontos de amostragem de sedimentos, SAN3 e SAN3B, respectivamente.

**Tabela V.2-7** - Identificação das amostras superficiais recolhidas na Lagoa da Sancha, no sistema lagunar (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).

Refª da amostra	Latitude	Longitude
1	38° 1'32.73"N	8° 49'58.35"W
2	38° 1'32.66"N	8° 49'56.18"W
3	38° 1'30.55"N	8° 49'57.41"W
4	38° 1'33.89"N	8° 49'58.51"W
5	38° 1'33.79"N	8° 49'56.91"W
6	38° 1'33.69"N	8° 49'55.48"W
7	38° 1'35.32"N	8° 49'56.01"W
8	38° 1'38.24"N	8° 49'55.38"W
9 (SAN3)	38° 1'26.07"N	8° 49'56.03"W
10 (SAN 3B)	38° 1'26.04"N	8° 49'55.08"W

**Figura V.2-3** - Rede de amostragem do corpo aquoso da Lagoa da Sancha (imagem de satélite Google Earth, 26/5/2013).



Nas medições dos parâmetros físico-químicos da água, apenas na campanha de 21/9/2001, quando o hidrossoma tinha 90 cm de espessura (**Anexo V - Foto A.V.4-1**), se recorreu a uma pequena embarcação, tendo-se efectuado leituras à superfície, a 0,5m de profundidade e junto ao fundo; nas restantes campanhas, a redução da área molhada e da espessura da coluna de água, possibilitou apenas a monitorização das características à superfície e em menor número de estações.

A metodologia utilizada no campo e no laboratório segue o previamente descrito para o Poço do Barbaroxa de Baixo, encontrando-se os métodos analíticos referidos na **Tabela V.2-4**.

#### V.2.1.2 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS (REDES DE AMOSTRAGEM E CAMPANHAS DE CAMPO)

Foram amostrados sedimentos superficiais dos vários sistemas: litoral, lagunar e fluvial. Deu-se maior ênfase aos sistemas que não estavam anteriormente caracterizados ou cuja caracterização poderia ser melhorada. No sistema litoral incidiu-se na barreira arenosa a ocidente dos Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima, e da Lagoa da Sancha. Nos sistemas lagunares e fluviais recolheram-se amostras nos de Melides e da Sancha.

### V.2.1.2.1 Sedimentos da barreira arenosa

#### A) Lagoa de Melides

A caracterização sedimentológica da barreira arenosa que isola a laguna de Melides foi anteriormente efectuada por CRUCES (2001), pelo que no presente trabalho não se efectuou nova amostragem.

#### B) Poços do Barbaroxa

Nos Poços dos Barbaroxa (Baixo, Meio e Cima) foram recolhidas, em 2002, nove amostras na aba sotavento (vertente Este) do cordão dunar a ocidente dos interdunares húmidos. Na aba próxima a cada interdunar foi colhida uma amostra no topo, uma na base e duas amostras a meia distância, excepto no Barbaroxa de Cima onde se efectuou apenas recolha no topo. Foram recolhidas duas amostras na aba nascente ao interdunar BB e BM (*Tabela V.2-8, Figura V.2-4*).

A amostragem contemplou os 10cm superficiais, tendo os sedimentos sido recolhidos com auxílio de uma pá (*Anexo V - Foto V.1-5*), colocados dentro de sacos de plástico, referenciados e transportados para os laboratórios do Departamento de Geologia da FCUL.

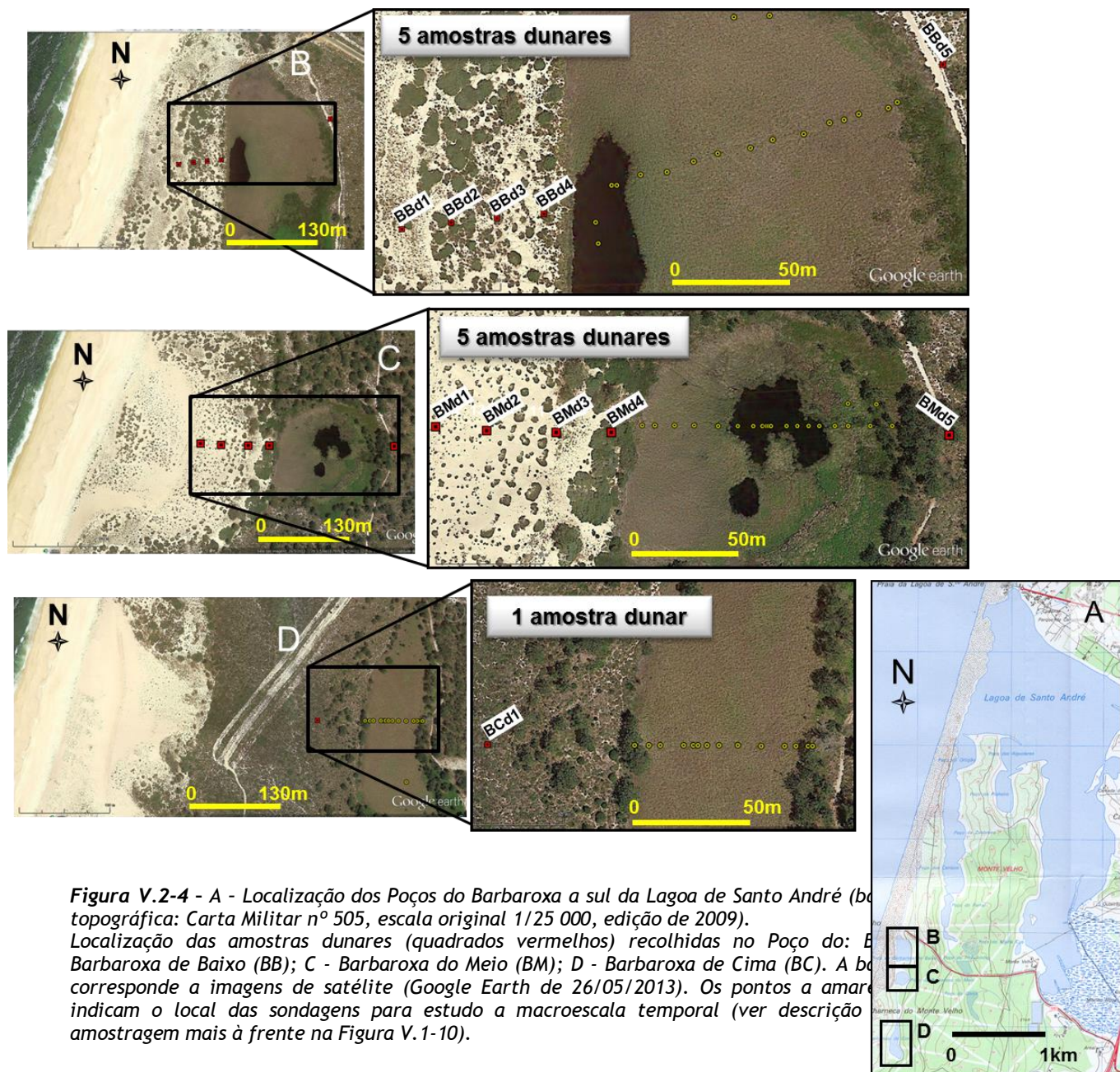
**Tabela V.2-8** - Identificação da data, local, referência da amostra e localização com coordenadas das amostras do sistema dunar adjacente aos interdunares dos Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).

Poço do Barbaroxa	Data da recolha	Local da amostragem	Refª da amostra	Latitude	Longitude
BAIXO	15/10/2002	duna W Topo	BBd1	38° 4'44.89"N	8° 48'38.65"W
		duna W Meio (cima)	BBd2	38° 4'44.98"N	8° 48'37.79"W
		duna W Meio (baixo)	BBd3	38° 4'45.05"N	8° 48'37.04"W
		duna W Base	BBd4	38° 4'45.11"N	8° 48'36.23"W
		duna E	BBd5	38° 4'46.85"N	8° 48'30.34"W
MEIO	8/11/2002	BMd1 - duna W Topo	BMd1	38° 4'35.10"N	8° 48'39.88"W
		BMd2 - duna W Meio (topo)	BMd2	38° 4'35.04"N	8° 48'38.83"W
		BMd3 - duna W Meio (baixo)	BMd3	38° 4'35.01"N	8° 48'37.43"W
		BMd4 - duna W Base	BMd4	38° 4'34.99"N	8° 48'36.36"W
		BMd5 - duna E	BMd5	38° 4'34.96"N	8° 48'30.04"W
CIMA	4/9/2002	duna W Topo	BCd1	38° 4'12.64"N	8° 48'40.82"W

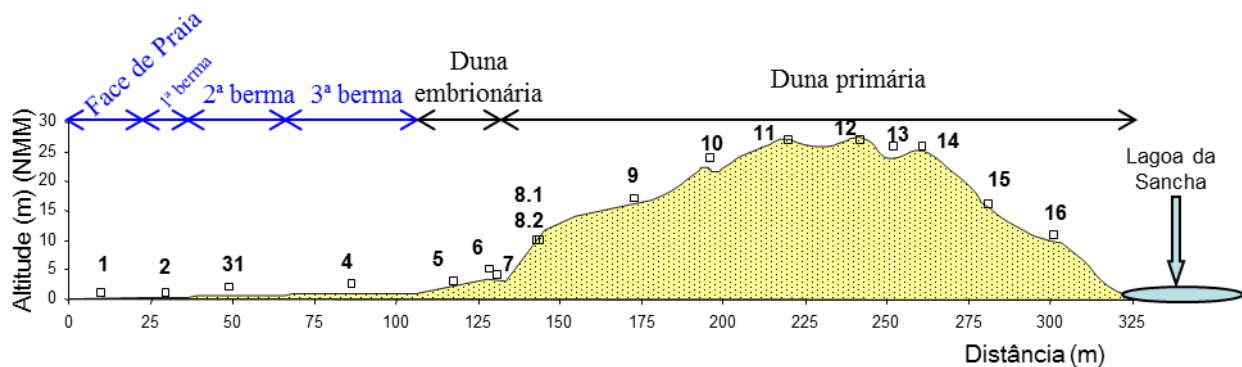
#### C) Lagoa da Sancha

No cordão dunar da Lagoa da Sancha recolheram-se, em 21 de Junho de 2001, 17 amostras seguindo o procedimento anteriormente descrito, referenciadas de LSP1 a LSP16, excepto no ponto de amostragem 8 em que se amostrou a capa superficial sujeita ao processo de deflação (LSP8.1) e a camada imediatamente subjacente (LSP8.2) (*Figura V.2-5*). Esta amostragem foi realizada ao longo de um perfil transversal efectuada desde a praia até ao meio lagunar atravessando os seus diferentes domínios morfológicos (face de praia, berma, duna embrionária, duna frontal) (*Figura V.2-5*).





**Figura V.2-4** - A - Localização dos Poços do Barbaroxa a sul da Lagoa de Santo André (base topográfica: Carta Militar nº 505, escala original 1/25 000, edição de 2009). Localização das amostras dunares (quadrados vermelhos) recolhidas no Poço do: B - Barbaroxa de Baixo (BB); C - Barbaroxa do Meio (BM); D - Barbaroxa de Cima (BC). A base topográfica corresponde a imagens de satélite (Google Earth de 26/05/2013). Os pontos amarelos indicam o local das sondagens para estudo a macroescala temporal (ver descrição da amostragem mais à frente na Figura V.1-10).



**Figura V.2-5** - Localização das amostras recolhidas a 21 de Junho de 2001, no perfil transversal da barreira arenosa da Lagoa da Sancha.



A amostragem contemplou os 10cm superficiais, tendo os sedimentos sido recolhidos com auxílio de uma pá (**Anexo V - Foto V.1-5**), colocados dentro de sacos de plástico, referenciados e transportados para os laboratórios do Departamento de Geologia da FCUL.

#### **V.2.1.2.2 Sedimentos Lagunares (Fundo - Margens)**

Do mesmo modo que para a avaliação das características hídricas dos corpos aquosos, o objectivo no estudo sedimentológico e geoquímico dos sedimentos lagunares visa melhorar a caracterização das distintas zonas da laguna, consoante a sua maior ou menor proximidade aos ambientes marinho e/ou continental e em alguns casos o seu maior ou menor grau de confinamento. Deste modo, optou-se por fazer coincidir os pontos de amostragem de sedimentos com as estações de monitorização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso. A recolha dos sedimentos de fundo lagunar fez-se com recurso a uma pequena embarcação e a uma draga do tipo *Van Veen* (**Anexo V - Foto V.1-6**). Os sedimentos eram trazidos até à superfície, onde a draga era aberta e o conteúdo colocado num tabuleiro de plástico, de forma a não destruir a estratificação natural dos sedimentos. Embora este método recolha os cerca de 10cm superficiais, a visualização da estratificação (**Anexo V - Foto V.2-1A/B**) permite seleccionar, apenas, os 3-5cm do topo para análise sedimentológica e geoquímica, estudando-se a sedimentação mais recente em vez da totalidade dos últimos 10cm. Os sedimentos eram rapidamente colocados em sacos (sedimentologia) ou em frascos de plástico (geoquímica) e referenciados. No final do dia, os sedimentos eram imediatamente congelados para inibição dos processos biológicos e geoquímicos.

##### **A) Lagoa de Melides**

Em 26 de Junho de 2003 procedeu-se à recolha de 11 amostras de sedimentos de fundo (**Anexo V - Foto V.2-1A/B**), nos mesmos pontos de amostragem (**Figura V.2-1**) da campanha de 23-24/Janeiro/2000 efectuada por CRUCES (2001), o que permite estabelecer comparações. Seguindo a numeração das campanhas efectuadas por esta autora no passado (numeração alfabética), a actual campanha corresponderá à Campanha H (**Tabela VI.1-5** - ver capítulo VI).

##### **B) Poços do Barbaroxa**

Os Poços do Barbaroxa constituem depressões interdunares, actualmente colmatadas, intensamente vegetadas. A progradação da vegetação para o interior das depressões é de tal modo intensa que apenas deixou diminutas clareiras nos locais topograficamente mais baixos, onde esporadicamente se consegue observar o afloramento do nível freático (apenas no Barbaroxa de Baixo - BB e do Meio - BM), expondo uma espessura de água de apenas alguns centímetros (em BM) e raramente excedendo 1m (em BB) (**Anexo V - Fotos V.3-1, V.3-2**). Pelo exposto, a caracterização da distribuição dos sedimentos superficiais não constituía objectivo do presente estudo, pelo que não foi efectuado este tipo de amostragem.

### C) Lagoa da Sancha

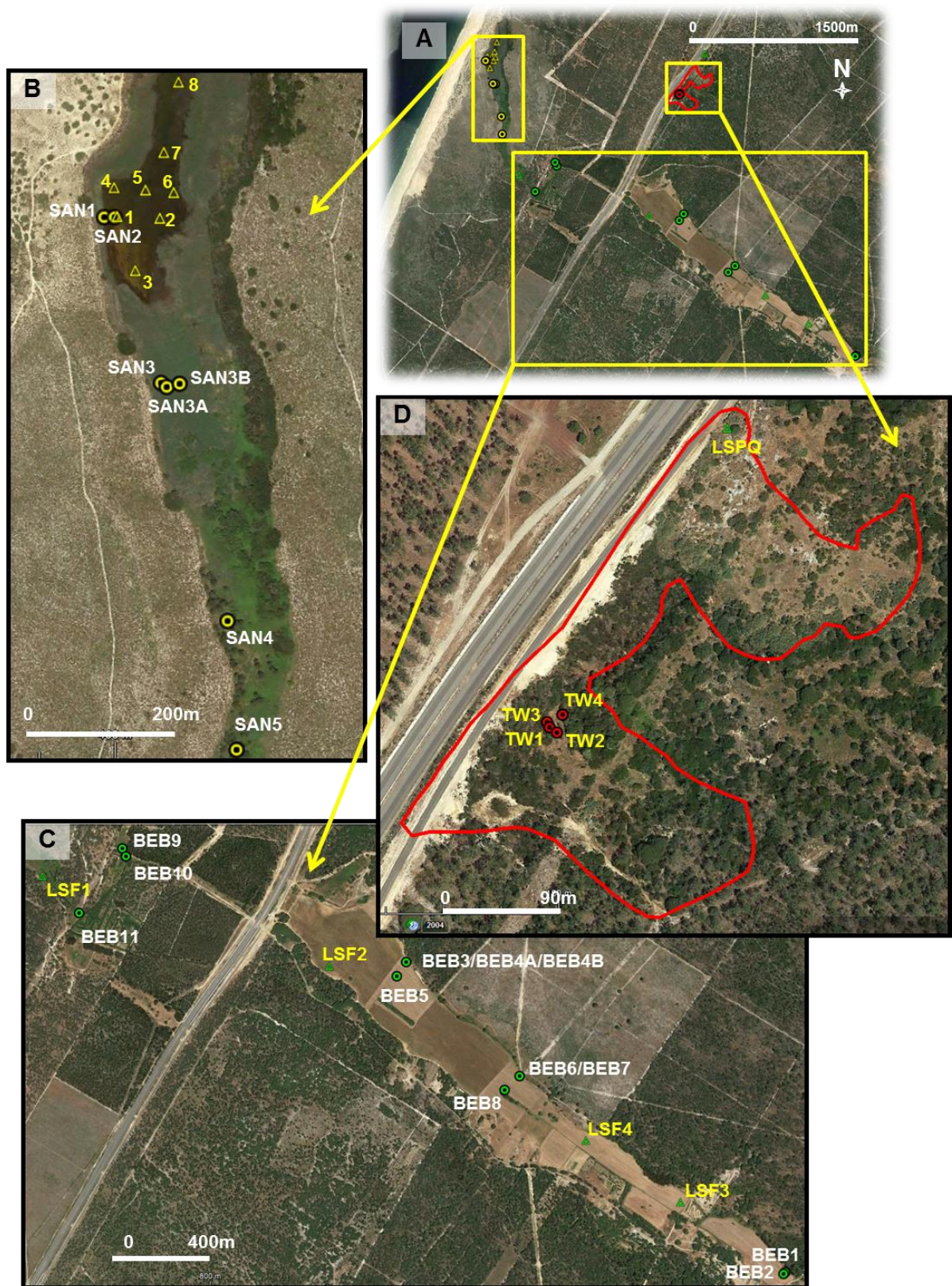
Em 2001, dia 21 de Junho, coincidindo com a primeira campanha de avaliação das características físico-químicas do corpo aquoso, procedeu-se à recolha de sedimentos de fundo lagunar com auxílio de uma draga do tipo Van Veen lançada a partir de uma pequena embarcação (**Anexo V - Foto A.V.4-2**), nas estações 1 a 8 (as amostras foram referenciadas de 1 a 8 - **Tabela V.2-9**) (**Figuras V.2-3, V.2-6**).

Em 2013, durante a época estival, quando se assistiu a completa secagem do hidrossoma da Lagoa da Sancha, elegeram-se quatro locais para recolha do sedimento superficial, que exibia colorações diferenciadas (**Tabela V.2-10, Figuras V.2-7, V.2-8, V.2-9**).

Em 2014, dia 19 de Março, foram recolhidas mais sete amostras de sedimentos lagunares (SAN1 a SAND5 - **Tabela V.2-9, Figura V.2-6, Anexo V - Foto A.V.4-22**) (a SAND2 foi recolhida no local da antiga estação 1). Estes materiais foram analisados em laboratório por um grupo de alunos da disciplina de Projecto do ano lectivo 2013/2014 (Inácio *et al.*, 2014) da licenciatura em geologia da FCUL, e irão ser utilizados para completar a caracterização dos sedimentos actuais desta depressão interdunar.

**Tabela V.2-9** - Identificação das amostras superficiais recolhidas na Lagoa da Sancha, no sistema lagunar (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).

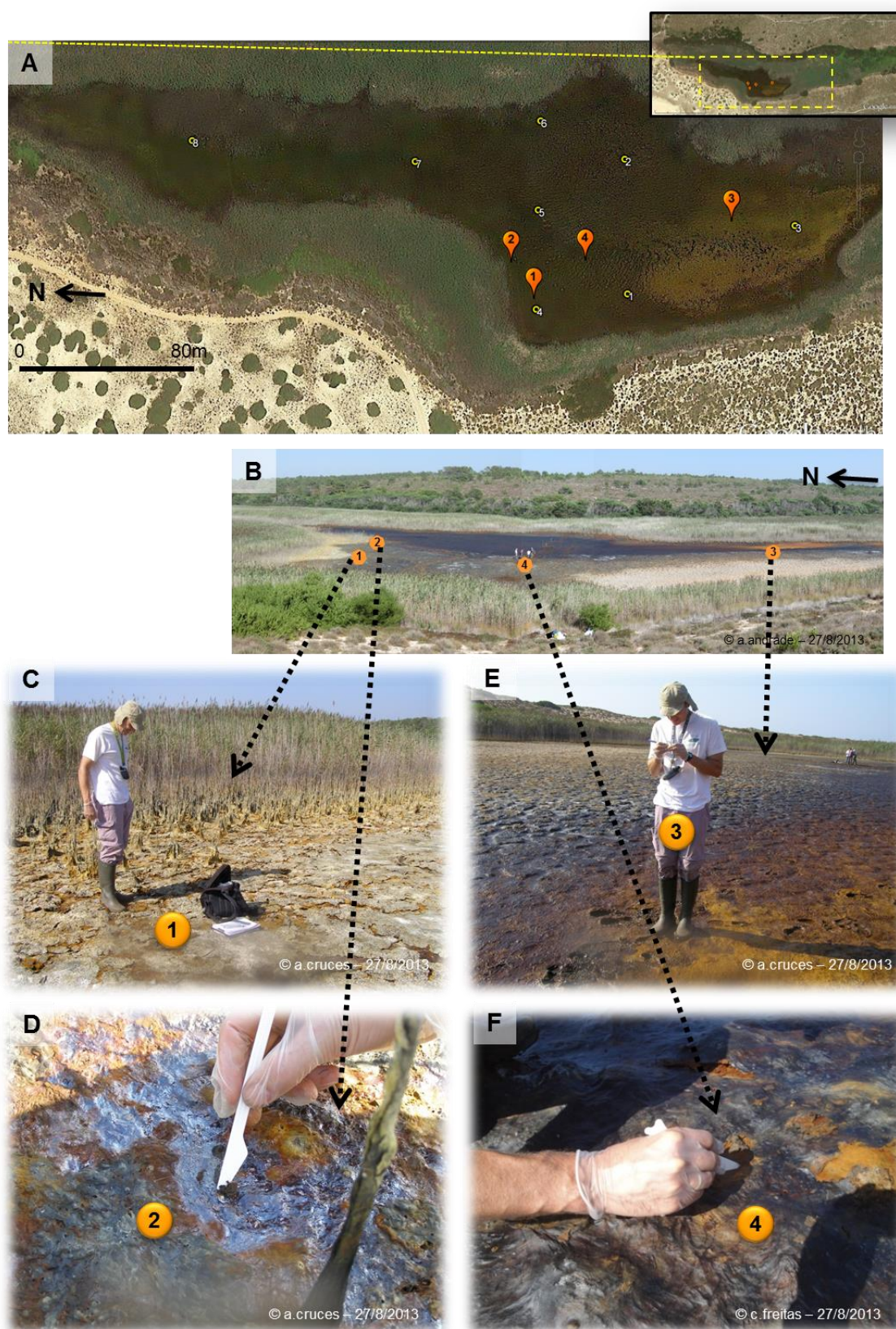
Data da recolha	Refª da amostra	Latitude	Longitude
21/6/2001	1	38° 1'32.73"N	8° 49'58.35"W
	2	38° 1'32.66"N	8° 49'56.18"W
	3	38° 1'30.55"N	8° 49'57.41"W
	4	38° 1'33.89"N	8° 49'58.51"W
	5	38° 1'33.79"N	8° 49'56.91"W
	6	38° 1'33.69"N	8° 49'55.48"W
	7	38° 1'35.32"N	8° 49'56.01"W
	8	38° 1'38.24"N	8° 49'55.38"W
19/3/2014	SAN1	38° 1'32.73"N	8° 49'58.97"W
	SAN2	38° 1'32.73"N	8° 49'58.43"W
	SAN3	38° 1'26.07"N	8° 49'56.03"W
	SAN3A	38° 1'25.91"N	8° 49'55.74"W
	SAN3B	38° 1'26.04"N	8° 49'55.08"W
	SAN4	38° 1'16.56"N	8° 49'52.60"W
	SAN5	38° 1'11.43"N	8° 49'52.12"W



**Figura V.2-6** - A - Localização das áreas de recolha de sedimentos superficiais (lagunares e da bacia hidrográfica). B - amostras lagunares; C - amostras da bacia hidrográfica; D - amostras de uma fonte de contaminação (TW1 a TW4) e de arenitos do Plio-Quaternário (LSPQ), litologia presente no substrato geológico.

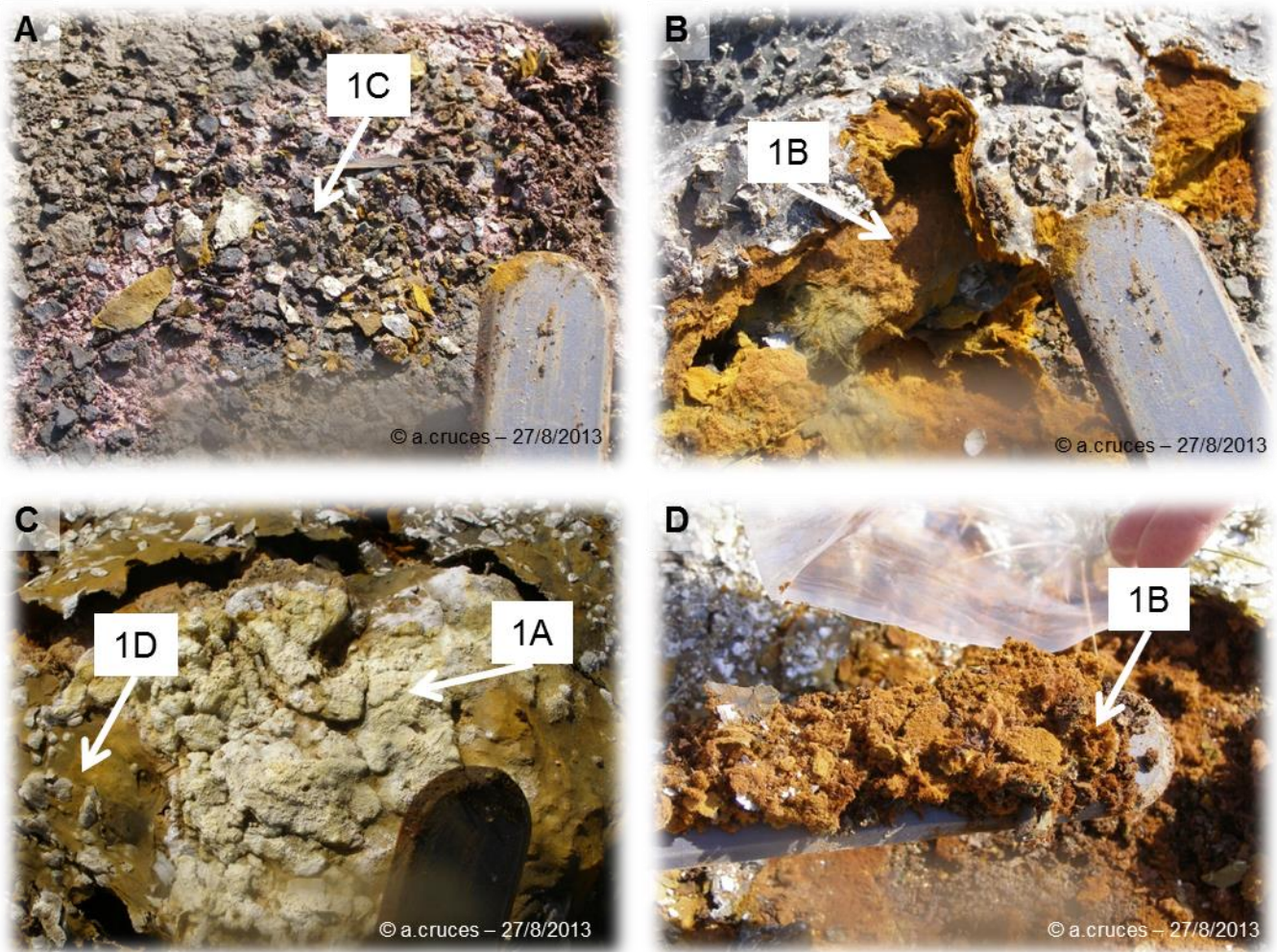
As amostras com referência a amarelo foram analisadas no âmbito deste trabalho e as com referência a branco correspondem às amostras analisadas no trabalho de Inácio et al., 2014. A base corresponde a imagem de satélite (Google Earth de 26/05/2013).





**Figura V.2-7** - A - Localização dos pontos de recolha de amostras na Lagoa da Sancha (imagem Google Earth, 19/10/2004); B - Localização dos pontos de recolha de amostras na Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013; C - Ponto de amostragem 1; D - Ponto de amostragem 2; E - Ponto de amostragem 3; F - Ponto de amostragem 4.

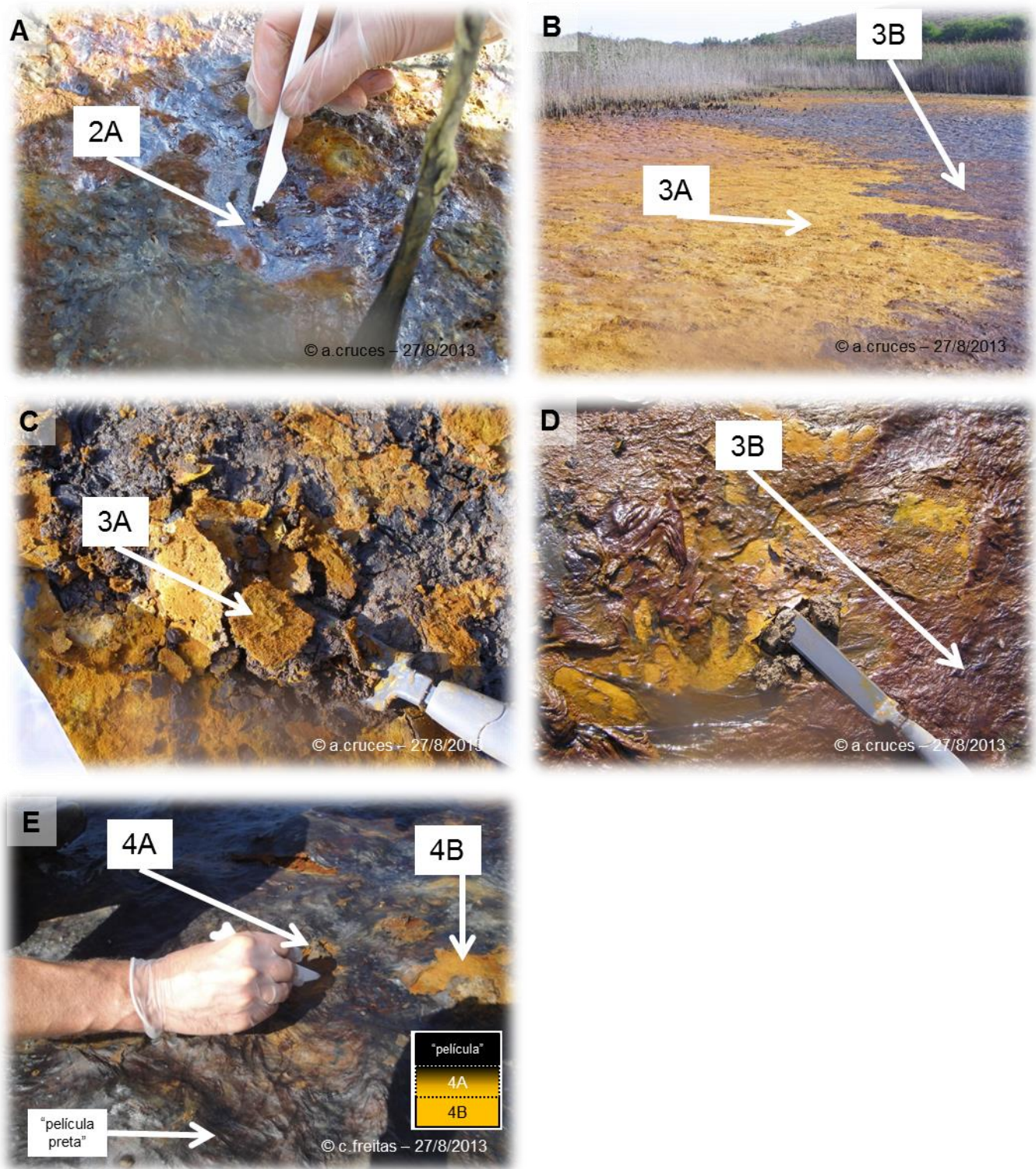




**Figura V.2-8** - A - Amostras recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013. Dentro das caixas brancas está a referência atribuída a cada amostra recolhida no Ponto de amostragem 1 (ver localização na Foto A.V.4-18). Foram recolhidas amostras em crostas de coloração variada:

- 1A - brancas;
- 1B - alaranjado;
- 1C - roxas;
- 1D - amarelas.





**Figura V.2-9** - A - Amostras recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013. Dentro das caixas brancas está a referência atribuída a cada amostra recolhida no Ponto de amostragem 1 (ver localização na Foto A.V.4-18). Foram recolhidas amostras em crostas de coloração variada:

2A - filme oleoso;

3A -alaranjado;

3B - roxo;

"película preta" - película preta que cobre os sedimentos;

4A -zona de transição entre a "película preta e a amostra 4B;

4B - material alaranjado.

**Tabela V.2-10** - Identificação das amostras recolhidas na capa superficial dos sedimentos da Lagoa da Sancha, dia 27/8/2013, durante o Verão após evaporação completa do hidrossoma (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).

Ponto de amostragem	Refª da amostra	Breve descrição	Latitude	Longitude
1	LSS1A	precipitado esbranquiçado que se encontra por cima de um precipitado amarelado	38° 1'33.93"N	8° 49'58.35"W
	LSS1B	material mais avermelhado		
	LSS1C	material arroxeado		
	LSS1D	precipitado amarelado		
2	LSS2A	filme oleoso na superfície dos sedimentos	38° 1'34.18"N	8° 49'57.73"W
3	LSS3A	mineralização alaranjada	38° 1'31.36"N	8° 49'57.29"W
	LSS3B	mineralização arroxeada		
4	LSS4 pp	película preta que se sobrepõe a uma mineralização alaranjada	38° 1'33.24"N	8° 49'57.77"W
	LSS4A	topo do material alaranjado e imediatamente em contacto com a película preta		
	LSS4B	precipitado alaranjado		

### V.2.1.2.3 Sedimentos Fluviais

#### A) Lagoa de Melides

No sistema fluvial afluente foi recolhida em 12 de Janeiro de 2004, apenas, uma amostra na ribeira de Melides, junto à povoação com o mesmo nome (**Figura V.2-1**), a montante da descarga da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Melides.

A amostragem de sedimentos fluviais foi efectuada no talvegue do principal afluente ao meio lagunar, pretendendo caracterizar-se a carga sólida de fundo, que se apresenta heterogénea na sua distribuição longitudinal e transversal dentro do canal de escoamento. A amostragem foi efectuada numa área com cerca de 1m<sup>2</sup>, recolhendo-se os centímetros superficiais. Para obviar problemas de contaminação a amostra foi recolhida com auxílio de uma pá de plástico, colocada em saco de plástico e referenciada.

#### B) Poços do Barbaroxa

As depressões interdunares que correspondem aos Poços do Barbaroxa não são alimentadas por nenhuma bacia hidrográfica, pelo que não se recolheram sedimentos fluviais.

#### C) Lagoa da Sancha

Do sistema hídrico alimentador da Lagoa da Sancha foi seleccionada a parte terminal para amostragem (**Figura V.2-6**).



Em 2004, dia 19 de Fevereiro, foi recolhida uma amostra na várzea da Lagoa (LSF1 - **ANEXO V - Foto A.V.4-23A**) e três amostras na ribeira do Barranco dos Bêbados (LSF2, LSF3, LSF4 - **ANEXO V - Foto A.V.5-23B/C**). Uma quinta amostra (LSPQ) foi ainda colhida num afloramento, para caracterização dos sedimentos avermelhados que compõem a formação plio-quadernária da bacia hidrográfica (**ANEXO V - Foto A.V.4-23D**). Esta amostra foi recolhida num antigo areeiro da região (Areeiro da Sanchinha).

Em 2014, dia 19 de Março, foram recolhidas mais nove amostras de sedimentos/solos ao longo do canal e da várzea da ribeira do Barranco dos Bêbados (BEB1 a BEB8), uma amostra numa charca temporária marginal ao canal da Ribeira da Sancha (BEB9) e duas amostras no talvegue da ribeira da Sancha (BEB10 e BEB11) - **Tabela V.2-11, ANEXO V - Fotos A.V.4-24 e A.V.4-25**). Todos os materiais foram recolhidos com auxílio de uma pá, acondicionados em sacos de plásticos devidamente referenciados e transportados para o laboratório de Processos Costeiros, onde foram analisados por um grupo de alunos da disciplina de Projecto do ano lectivo 2013/2014 (Inácio *et al.*, 2014) da licenciatura em geologia da FCUL, e irão ser utilizados para completar a caracterização dos sedimentos actuais desta depressão interdunar.

Embora não constituam amostras de sedimentos/solos da rede fluvial, importa aqui referir a recolha de outras amostras na bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha (TW1, TW2, TW2A, TW3, TW4 - **Tabela V.2-11**), que resultaram da identificação de uma potencial área fonte de contaminação.

Em Fevereiro de 2004, os responsáveis pela Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha (RNLSAS) evidenciaram preocupação por uma área, que embora esteja fora dos limites da Reserva, se encontra dentro da bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha. Nesta área de modo completamente desregulado, foram depositados resíduos (“a céu aberto”), no pinhal limítrofe a Este da via rápida que liga Vila Nova de Santo André a Sines. A partir desta via principal, têm-se acesso a pequenas estradas de terra batida que entram no pinhal e ao longo do percurso são numerosos os amontoados de lixo (**ANEXO V - Foto A.V.4-29**). Também nas imediações, a existência da depressão de um antigo areeiro de exploração de saibros/areias (conhecido pelos locais como a “saibreira da Sanchinha”), se mostrava apelativa para o despejo desenfreado de Resíduos de Construção e Demolição (RCDs) (**ANEXO V - Foto A.V.4-30**). Este local, após o seu encerramento, nos finais da década de 70 início da década de 80, funcionou, durante muitos anos e com conhecimento das autoridades locais, como local de deposição de resíduos de natureza muito variada (RCDs, resíduos perigosos provenientes da zona industrial de Sines, nomeadamente “lamas oleosas”, entre outros <sup>4</sup>).

Em Maio de 2012 (dia 24), os mesmos técnicos responsáveis pela RNLSAS conduziram a autora a um dos locais de deposição do antigo areeiro, onde se identificaram vários bidons (alguns já danificados, evidenciando derrame do conteúdo) com forte cheiro a hidrocarbonetos (**ANEXO V - Foto A.V.4-32A/B**).

Em Março de 2014 (dia 7), no âmbito de um trabalho de final de licenciatura em Geologia da FCUL, procedeu-se à recolha de várias amostras de solos (4 amostras: TW1, TW2, TW3, TW4) e de uma amostra de um dos resíduos presentes num dos bidons danificados (TW2A), para uma caracterização preliminar - **Tabela V.2-11, ANEXO V - Foto A.V.4-26**). Os resultados serão discutidos no âmbito desta dissertação.

---

<sup>4</sup> Informação oral de técnicos das Águas de Santo André (AdSA) e de antigos funcionários do areeiro.

Já em Março de 2015 (dia 5), realizou-se uma campanha de campo (**ANEXO V - Foto A.V.4-27**), para reconhecimento mais aprofundado do local, numa tentativa de estabelecimento do seu perímetro e da tipologia de resíduos presentes (**ANEXO V - Fotos A.V.4-27, A.V.4-31**).

Esta campanha de reconhecimento (**ANEXO V - Foto A.V.4-27**), juntamente com a comparação de imagens de satélite de diferentes épocas (2004 a 2014 - (**ANEXO V - Foto A.V.4-28**), bem como a consulta de alguma documentação do antigo Gabinete da Área de Sines (GAS), permitiu a definição do limite deste antigo areeiro (**Figuras V.2-6B e V.2-6D**). De.

Este areeiro tem visíveis duas células - a célula NE e SW, ligadas por um corredor mais estreito (**ANEXO V - Fotos A.V.4-27, A.V.4-28**). De acordo com o visionado em 2012/214/215, a célula NE funcionou principalmente para deposição RCDs, enquanto a célula SW e o corredor de ligação para resíduos de natureza orgânica (lamas oleosas ricas em hidrocarbonetos depositadas em bidons ou espalhadas e posteriormente cobertas com solo das imediações).

**Tabela V.2-11 - Identificação das amostras superficiais recolhidas na Lagoa da Sancha, no sistema fluvial (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).**

Sistema	Data da recolha	Refª da amostra		Latitude	Longitude
Bacia Hidrográfica	19/2/2004	LSF1	Várzea da ribeira da Sancha	38° 0'59.61"N	8° 49'45.75"W
		LSF2	Várzea da ribª do Barranco dos Bêbados - campo agrícola	38° 0'48.41"N	8° 48'58.00"W
		LSF3		38° 0'26.02"N	8° 48'14.92"W
		LSF4	Margem do canal de escoamento	38° 0'18.11"N	8° 47'59.07"W
		LSPQ	Afloramento de arenitos alaranjados plio-quaternários	38° 1'31.47"N	8° 48'42.14"W
	7/3/2014	BEB1	Canal de escoamento	38° 0'9.28"N	8° 47'41.50"W
		BEB2	Várzea da ribª do Barranco dos Bêbados - campo agrícola com cultura de milho	38° 0'9.06"N	8° 47'41.79"W
		BEB3	Canal de escoamento	38° 0'49.14"N	8° 48'45.08"W
		BEB4A	Escarpa na margem direita do canal (10-25 cm)		
		BEB4B	Escarpa na margem direita do canal (25-40 cm)	38° 0'47.26"N	8° 48'46.60"W
		BEB5	Várzea da ribª do Barranco dos Bêbados - campo agrícola em pousio		
		BEB6	Canal de escoamento	38° 0'34.41"N	8° 48'25.97"W
		BEB7	Escarpa na margem direita do canal (10-30 cm)		
		BEB8	Várzea da ribª do Barranco dos Bêbados - campo agrícola em pousio	38° 0'32.56"N	8° 48'28.43"W
		BEB9	Charca temporária poucos metros a N do canal da ribeira da Sancha	38° 1'3.49"N	8° 49'32.50"W
		BEB10	Canal de escoamento da ribeira da Sancha	38° 1'2.45"N	8° 49'31.88"W
		BEB11	Canal de escoamento da ribeira da Sancha	38° 0'54.96"N	8° 49'39.57"W
Areeiro da Sanchinha	7/3/2014	TW1	Solo debaixo do bidon, no ponto 1	38° 1'23.92"N	8° 48'47.74"W
		TW2	Solo ao labo do bidon, no ponto 2	38° 1'23.76"N	8° 48'47.74"W
		TW2A	Resíduo do bidon, no ponto 2	38° 1'23.76"N	8° 48'47.74"W
		TW3	Solo junto ao bidon, no ponto 3	38° 1'23.99"N	8° 48'47.66"W
		TW4	Solo que cobria os resíduos, no ponto 4	38° 1'23.66"N	8° 48'47.37"W

## V.2.2 MESOESCALA

### V.2.2.1 TESTEMUNHOS DE SONDAGEM “CURTOS”

Neste estudo, entende-se por sondagens “curtas” os testemunhos sedimentares de pequena espessura (aproximadamente 1m) recolhidos nos depocentros lagunares.

A execução destas sondagens recorre, em situação de:

- elevadas espessuras do corpo aquoso - à utilização de um amostrador de gravidade (**ANEXO V - Foto V.1-7**) lançado do interior de uma pequena embarcação. Este amostrador permite a recolha de sequências sedimentares sempre inferiores a 100cm (comprimento máximo permitido pela camisa do amostrador), com diâmetro de 5cm;
- reduzida espessura do corpo aquoso - à utilização de tubos de PVC, cravados no sedimento com auxílio de percussão (manual) a partir de uma pequena embarcação. Este tipo de amostragem permite a recolha de mais de 100cm de coluna sedimentar, com diâmetros diversos.

Durante o presente estudo foi seleccionado um local no depocentro da laguna de Melides, coincidente com a estação 6 da rede de amostragem do corpo aquoso e dos sedimentos superficiais, onde se procedeu à recolha de uma sondagem “curta” (**Figura V.2-1**). Nesse local, no dia 26 de Junho de 2003 com uma reduzida espessura do hidrossoma lagunar, foi recolhida a sondagem LM6 e mais duas sondagens suas réplicas, referenciadas como LM6(1), LM6(2) e LM6(3), respectivamente. A primeira destinou-se ao estudo geoquímico (geoquímica elementar e isotópica:  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{14}\text{C}$ ), a segunda ao estudo sedimentológico e a terceira à análise do conteúdo paleoecológico (foraminíferos - Dr<sup>a</sup> Maria Alday; nanoplancton calcário - Dr<sup>a</sup> Maria de Jesus Ramalho; diatomáceas - Dr<sup>a</sup> Tânia Ferreira).

Os testemunhos recolhidos permaneceram dentro dos amostradores, tendo sido estes imediatamente selados no topo e na base e revestidos com película aderente de modo a preservar a humidade dos sedimentos e a evitar perda de material. No final do dia foram transportados para as instalações do Departamento de Geologia e imediatamente congelados.

A cota absoluta da boca da sondagem foi obtida por leitura da cota do plano de água à qual se subtraiu a profundidade da coluna de água no local da sondagem.

## V.2.3 MACROESCALA

### V.2.3.1 TESTEMUNHOS DE SONDAGENS “LONGAS”

#### V.2.3.1.1 Lagoa de Melides

Na laguna de Melides foram seleccionados dois contextos geomorfológicos do ambiente lagunar para execução de duas sondagens longas - MB e MIGM - (**Figura V.2-1**). A primeira foi efectuada no bordo interno da barreira arenosa que isola o actual sistema lagunar (**ANEXO V - Fotos A.V.2-3, A.V.2-4, A.V.2-5, A.V.2-6**), posicionando-se numa zona designada “litoral”, enquanto a segunda foi efectuada mais a

montante, em plena várzea da ribeira de Melides (**ANEXO V - Foto A.V.2-7**), ocupando uma posição designada “aluvial proximal”. A altimetria da superfície correspondente à boca das sondagens, referida ao Nível Médio do Mar (NMM), foi obtida por levantamento topográfico com estação total e ligada à rede geodésica nacional.

As técnicas de perfuração utilizadas (**Tabela V.2-12**) permitiram, de um modo geral, a amostragem metro a metro, conservando-se a posição estratigráfica dos sedimentos.

A sondagem MB, com profundidade máxima de 39,85 m (**Tabela V.2-12**), atingiu o substrato plio-pleistocénico aos 33 m (-30,2 m - NMM), obtendo-se uma taxa de recuperação total de 74,2 %. A sequência sedimentar referenciada como sondagem MB resulta da junção das duas sequências - MB(1) e MB(2) (**ANEXO V - Fotos A.V.2-3, A.V.2-4, A.V.2-5, A.V.2-6**) - recolhidas neste local:

- 1) MB(1) - corresponde aos materiais entre 0,0 m e 5,9 m. Por motivos técnicos inerentes à perfuração, foi impossível prosseguir a sondagem nesse local pelo que os técnicos tiveram que deslocar o local de perfuração cerca de 10 m para SE;
- 2) MB(2) - corresponde aos materiais entre os 6,35 m e os 39,85 m.

Na sondagem MIGM (**Tabela V.2-12, ANEXO V - Fotos A.V.2-7**), com 38,72m de profundidade máxima, a espessura da sequência sedimentar holocénica obtida foi substancialmente inferior, apenas 19,35m (-15,96m - NMM), profundidade a partir da qual foi encontrado o substrato Miocénico do paleovale. Nesta sondagem, embora a recuperação em termos globais - 70,3% - seja equivalente a MB, a recuperação da sedimentação holocénica foi substancialmente mais baixa, não ultrapassando os 53%, enquanto no Miocénico foi de 95%. A **Tabela V.2-12** resume alguns dados das sondagens MB e MIGM.

**Tabela V.2-12** - Dados das sondagens “longas” - MB e MIGM - efectuadas na Lagoa de Melides.

	Nome da Sondagem		
	MB		MIGM
	Furo 1 - MB(1)	Furo 2 - MB(2)	
Coordenadas geográficas Latitude Longitude	38° 7'57.41"N 8° 47'19.69"W	38° 7'56.11"N 8° 47'18.38"W	38° 8'14.93"N 8° 46'29.73"
Data de colheita	Junho de 1998		23/Junho a 5/Julho de 1998
Método de perfuração	Pressão hidráulica com amostradores Shelby (Ø50-75mm x 1m)		Rotação com injeção de água
Descrição sucinta do local	Bordo interno da barreira arenosa que isola a laguna		Várzea da ribeira de Melides
Empresa executante	Teixeira Duarte, Lda.		Instituto Geológico e Mineiro
Nº de Tubos	10	26 + 5 ensaios SPT	38
Profundidade máxima (m)	de 0,00 a 5,90	de 6,35 a 39,85	38,72
Taxa de recuperação total (%)	74,2		70,3
Cota da boca do furo (m) (NMM)	+ 2,86	+ 2,80	+ 3,39

### **V.2.3.1.2 Poços do Barbaroxa (de Baixo - BB; do Meio - BM; de Cima - BC)**

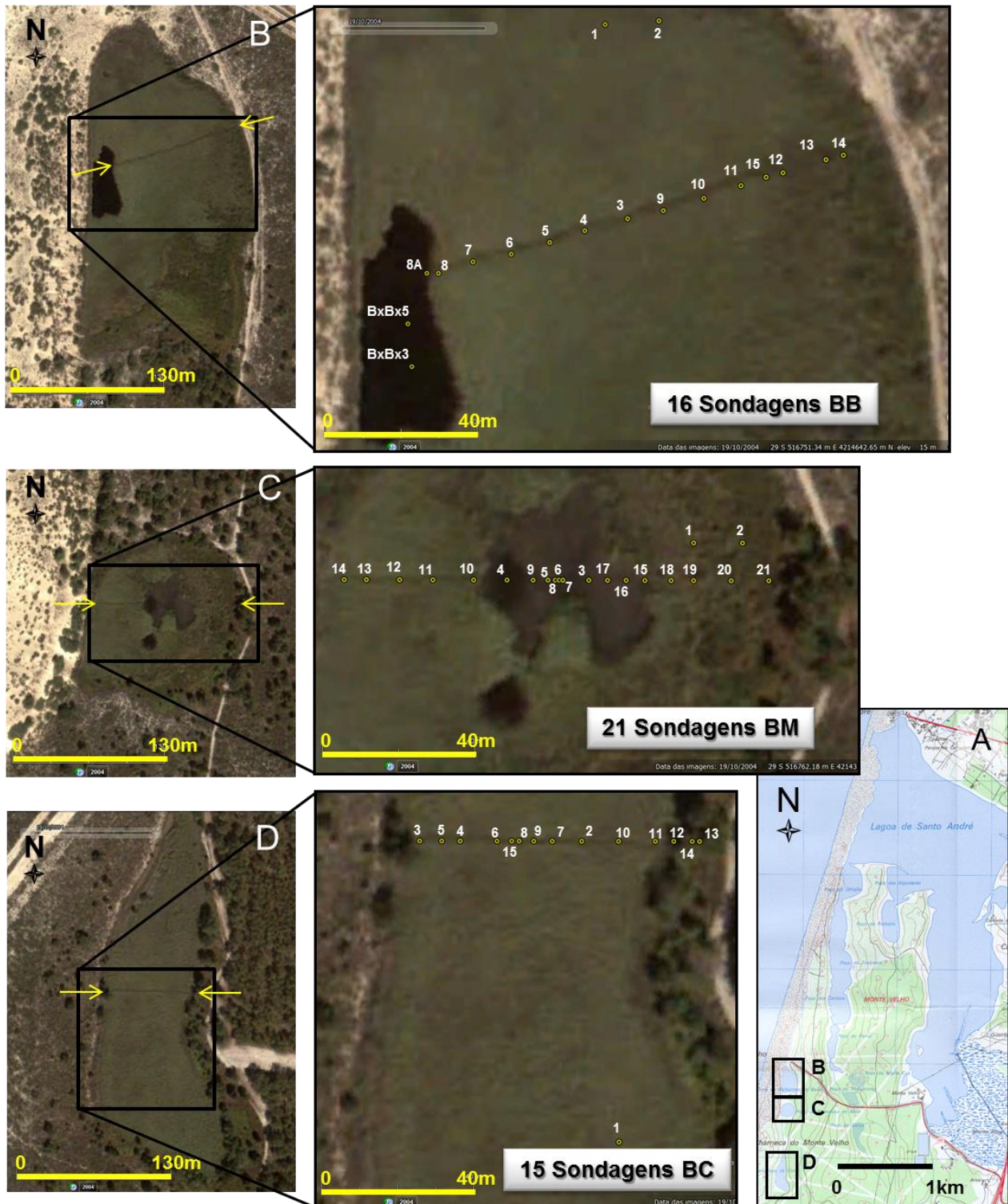
Para caracterizar a sedimentação holocénica destas depressões interdunares efectuaram-se sondagens com equipamento ligeiro de perfuração manual ao longo de perfis E-W, perpendiculares ao alinhamento máximo das depressões (**Figura V.2-10**), permitindo a reconstrução, em secção transversal, do preenchimento sedimentar das mesmas. A vegetação densa no interior das depressões impossibilitava o acesso à zona central, pelo que foram abertos trilhos, nos três poços em alinhamentos previamente definidos, com auxílio de roçadores (**Anexo V - Fotos A.V.3-4, A.V.3-5**). As sondagens foram executadas com recurso a amostradores do tipo trado, meia-cana e de turfas e com pistão tipo Van der Staay, durante o ano de 2002 (**Tabela V.2-14, Anexo V - Fotos A.V.3-6, A.V.3-7, A.V.3-8**).

Em Fevereiro de 2002, foi efectuada uma campanha de prospecção, tendo-se efectuado um reconhecimento preliminar do terreno e realizado 5 furos (2 em BB, 2 em BM e 1 em BC) (**Tabelas V.2-13, V.2-14**). Esta campanha serviu para a definição dos perfis transversais onde se realizariam as restantes sondagens (**Anexo V - Fotos A.V.3-9, A.V.3-10, A.V.3-11, A.V.3-12**). Na sequência deste trabalho prévio, realizaram-se, entre Setembro e Novembro de 2002, várias campanhas de campo que permitiram a recolha de um total de 16 sondagens em BB, 21 sondagens no BM e 15 sondagens no BC (**Tabela V.2-13**), alcançando-se profundidades máximas de 4,50m, 3,55m e 4,28m (**Tabela V.2-14**), ao longo de perfis com 107m, 114m e 75m de extensão, respectivamente (**Figura V.2-10; ANEXO V - Fotos A.V.3-9, A.V.3-10, A.V.3-11, A.V.3-12**).

Foram executados perfis topográficos dos três referidos alinhamentos, incluindo os pontos das sondagens. Estes foram ligados, através de levantamento topográfico com uma estação total Zeiss Elta ® 50R, à rede geodésica nacional para obtenção das cotas absolutas da boca de cada sondagem relativamente ao NMM, apresentando-se os dados na **Tabela V.2-14**, onde também se referem as profundidades máximas atingidas em cada sondagem.

Não foi efectuado levantamento topográfico das sondagens de prospecção iniciais efectuadas em cada “Poço” (Barbaroxa de Baixo: BB1, BB2; Barbaroxa do Meio: BM1, BM2; Barbaroxa de Cima: BC1), pelo que não se obtiverem cotas absolutas. No entanto, foi realizada a sua localização com GPS (**Tabela V.2-13**). Apesar disto, constituem mais uma fonte de informação, pelo que se optou pela sua inclusão neste trabalho.

No momento da execução de cada sondagem, o material recolhido era medido, descrito macroscopicamente (**ANEXO IV - A.IV.2, A.IV.3, A.IV.4**) e por vezes fotografado (**ANEXO V - Fotos A.V.3-13, A.V.3-14**). Em cada perfil foi seleccionada uma sondagem que se julgou representativa do enchimento (sondagem “principal” - BB3, BM3, BC2 - **Tabelas V.2-13, A.V.2-14**), tendo-se procedido à amostragem integral da sequência sedimentar atravessada. Nas restantes sondagens foram efectuadas amostragens pontuais para posterior comparação com a sondagem principal. Os testemunhos/amostras recolhidas eram imediatamente protegidas com película aderente e colocadas em meias canas de PVC para preservação da humidade e protecção.



**Figura V.2-10** - A - Localização dos Poços do Barbaroxa a sul da Lagoa de Santo André (base topográfica: Carta Militar nº 505, escala original 1/25 000, edição de 2009).

Localização dos perfis e das sondagens efectuados no Poço do: B - Barbaroxa de Baixo (BB); C - Barbaroxa do Meio (BM); D - Barbaroxa de Cima (BC). A base corresponde a imagens de satélite (Google Earth de 19/10/2004), onde ainda é notório o corte na vegetação efectuado em 2002, para a execução das sondagens.



**Tabela V.2-13** - Localização das sondagens recolhidas nos Poços do BB, BM e BC (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos). As datas de realização de cada campanha constam na Tabela V.2-14.

Poço do Barbaroxa de BAIXO			Poço do Barbaroxa do MEIO			Poço do Barbaroxa de CIMA		
Refª da Sondagem	Latitude	Longitude)	Refª da Sondagem	Latitude	Longitude)	Refª da Sondagem	Latitude	Longitude)
BB1	38° 4'47.52"N	8° 48'33.30"W	BM1	38° 4'35.40"N	8° 48'31.94"W	BC1	38° 4'10.02"N	8° 48'36.00"W
BB2	38° 4'47.53"N	8° 48'32.74"W	BM2	38° 4'35.39"N	8° 48'31.41"W	BC2*	38° 4'12.63"N	8° 48'36.43"W
BB3*	38° 4'45.94"N	8° 48'33.06"W	BM3*	38° 4'35.07"N	8° 48'33.09"W	BC3	38° 4'12.63"N	8° 48'38.24"W
BB4	38° 4'45.85"N	8° 48'33.52"W	BM4	38° 4'35.07"N	8° 48'34.00"W	BC4	38° 4'12.63"N	8° 48'37.79"W
BB5	38° 4'45.75"N	8° 48'33.89"W	BM5	38° 4'35.07"N	8° 48'33.54"W	BC5	38° 4'12.63"N	8° 48'37.99"W
BB6	38° 4'45.65"N	8° 48'34.30"W	BM6	38° 4'35.07"N	8° 48'33.38"W	BC6	38° 4'12.63"N	8° 48'37.38"W
BB7	38° 4'45.59"N	8° 48'34.71"W	BM7	38° 4'35.07"N	8° 48'33.42"W	BC7	38° 4'12.63"N	8° 48'36.76"W
BB8	38° 4'45.49"N	8° 48'35.08"W	BM8	38° 4'35.07"N	8° 48'33.46"W	BC8	38° 4'12.63"N	8° 48'37.13"W
BB8A	38° 4'45.49"N	8° 48'35.20"W	BM9	38° 4'35.07"N	8° 48'33.71"W	BC9	38° 4'12.63"N	8° 48'36.97"W
BB9	38° 4'46.01"N	8° 48'32.70"W	BM10	38° 4'35.07"N	8° 48'34.37"W	BC10	38° 4'12.62"N	8° 48'36.02"W
BB10	38° 4'46.10"N	8° 48'32.28"W	BM11	38° 4'35.08"N	8° 48'34.82"W	BC11	38° 4'12.62"N	8° 48'35.61"W
BB11	38° 4'46.20"N	8° 48'31.91"W	BM12	38° 4'35.08"N	8° 48'35.19"W	BC12	38° 4'12.62"N	8° 48'35.41"W
BB12	38° 4'46.30"N	8° 48'31.50"W	BM13	38° 4'35.08"N	8° 48'35.56"W	BC13	38° 4'12.62"N	8° 48'35.12"W
BB13	38° 4'46.39"N	8° 48'31.09"W	BM14	38° 4'35.08"N	8° 48'35.80"W	BC14	38° 4'12.62"N	8° 48'35.20"W
BB14	38° 4'46.43"N	8° 48'30.93"W	BM15	38° 4'35.07"N	8° 48'32.48"W	BC15	38° 4'12.63"N	8° 48'37.21"W
BB15	38° 4'46.26"N	8° 48'31.67"W	BM16	38° 4'35.07"N	8° 48'32.68"W			
BxBx3	38° 4'44.75"N	8° 48'35.40"W	BM17	38° 4'35.07"N	8° 48'32.89"W			
BxBx5	38° 4'45.03"N	8° 48'35.44"W	BM18	38° 4'35.07"N	8° 48'32.19"W			
			BM19	38° 4'35.07"N	8° 48'31.94"W			
			BM20	38° 4'35.07"N	8° 48'31.53"W			
			BM21	38° 4'35.07"N	8° 48'31.12"W			

\* Sondagem considerada como representativa para estudo em cada "Poço".

**Tabela V.2-14** - Dados altimétricos referentes às sondagens efectuadas nos Poços do BB, do BM e do BC.

Poço do Barbaroxa de BAIXO			Poço do Barbaroxa do MEIO			Poço do Barbaroxa de CIMA		
Refª da Sondagem (Dia/mês - da recolha em 2002)	Cota da boca do furo (m) (NMM)	Profundidade máxima atingida (m)	Refª da Sondagem (Dia/mês - da recolha em 2002)	Cota da boca do furo (m) (NMM)	Profundidade máxima atingida (m)	Refª da Sondagem (Dia/mês - da recolha em 2002)	Cota da boca do furo (m) (NMM)	Profundidade máxima atingida (m)
BB1 (12/2)	n.d.	3,10	BM1 (12/2)	n.d.	3,07	BC1 (12/2)	n.d.	<b>4,28</b>
BB2 (12/2)	n.d.	0,63	BM2 (12/2)	n.d.	1,02	BC2* (3/9 e 8/11)	2,170	3,19
BB3* (15/10)	1,770	4,12	BM3* (2/9)	1,515	2,87	BC3 (3/9)	2,430	3,60
BB4 (15/10)	1,740	3,75	BM4 (2/9)	1,500	2,81	BC4 (3/9)	2,120	3,00
BB5 (15/10)	1,710	4,32	BM5 (2/9)	1,5075 <sup>d)</sup>	1,37	BC5 (3/9)	2,125	2,50
BB6 (15/10)	1,670	4,00	BM6 (2/9)	1,5075 <sup>d)</sup>	1,40	BC6 (3/9)	2,130	3,90
BB7 (15/10)	1,628 <sup>a)</sup>	<b>4,50</b>	BM7 (2/9)	1,5075 <sup>d)</sup>	1,40	BC7 (3/9)	2,110	3,55
BB8 (15/10)	1,585	<b>4,50</b>	BM8 (2/9)	1,5075 <sup>d)</sup>	1,42	BC8 (4/9)	2,075	3,90
BB8A (15/10)	1,330 <sup>b)</sup>	4,11	BM9 (2/9)	1,5075 <sup>d)</sup>	1,46	BC9 (4/9)	2,110	3,68
BB9 (15/10)	1,775	3,77	BM10 (2/9)	1,875	1,89	BC10 (4/9)	2,300	3,69
BB10 (15/10)	1,785	3,18	BM11 (2/9)	1,880	1,79	BC11 (4/9)	2,160	2,00
BB11 (15/10)	1,800	4,11	BM12 (2/9)	1,900	1,61	BC12 (4/9)	2,210	3,40
BB12 (15/10)	1,815	1,31	BM13 (2/9)	1,970	<b>3,55</b>	BC13 (4/9)	2,875	1,20
BB13 (15/10)	2,030	1,00	BM14 (2/9)	2,195	0,96	BC14 (4/9)	2,460	0,89
BB14 (15/10)	2,370	0,50	BM15 (2/9)	1,560	2,86	BC15 (4/9)	2,1025 <sup>e)</sup>	4,10
BB15 (15/10)	1,8075 <sup>c)</sup>	1,75	BM16 (2/9)	1,560	1,00			
BxBx3 (27/10/2010)	1,063	3,65	BM17 (2/9)	1,595	1,10			
BxBx5 (27/10/2010)	1,033	3,33	BM18 (2/9)	1,930	0,85			
			BM19 (2/9)	1,995	1,25			
			BM20 (2/9)	2,315	1,26			
			BM21 (2/9)	2,690	1,30			

\* Sondagem considerada como representativa para estudo em cada "Poço"; **negrito** - profundidades máximas atingidas nas diferentes depressões interdunares; n.d. - não determinada; a) média entre BB6 e BB8; b) equivalente à cota do fundo da "charca" inundada; c) considerada a média das cotas de BB11 e BB12; d) considerada a média das cotas de BM3 e BM4; e) considerada a média das cotas de BC6 e BC8.

Em 2010 (27 de Outubro), no Poço do Barbaroxa de Baixo foram colhidas duas sondagens (**Tabelas V.2-13, V.2-14**):

- BxBx3: no âmbito do projecto do Dr. Simon Connor (TDC/AAC-CLI/108518/2008 - SWIRL - Long term vegetation & climate change in SW Iberia).
- BxBx5 -no âmbito de um plano de Pos-Doc do Dr. Manoel Leira Campos no Grupo do Laboratório de Processos Costeiros (Instituto D. Luís - IDL).

Estas duas sondagens foram colhidas a partir de uma pequena plataforma, utilizando um amostrador do tipo Livingstone (**ANEXO V - Fotos A.V.3-13**), em segmentos de um metro, tendo-se atingido profundidades máximas de 3,65 m e 3,33 m, respectivamente (**Tabela V.2-14**). Do mesmo modo, os testemunhos recolhidos eram imediatamente protegidos com película aderente e colocados em meias canas de PVC para preservação da humidade e protecção. O testemunho BxBx3 foi transportado para a Universidade do Algarve onde se procederam às análises subsequentes, enquanto o BxBx5 depois de referenciado e acondicionado foi transportado para o Laboratório de Processos Costeiros onde se manteve refrigerado até ao início das análises.

#### **V.2.3.1.3 Lagoa da Sancha**

Em Junho de 2001 (dia 21) foram efectuadas 5 sondagens de prospecção iniciais a sul do perfil posteriormente seleccionado para o estudo (**Figura V.2-10A/C**). Esta localização inicial foi condicionada pelos limites de inundação da depressão interdunar contemporâneos da campanha de perfuração. Naquela data, o depocentro da depressão continha uma espessura de água com cerca de 1 m, inundando o seu interior, estendendo-se a zona húmida para montante, impossibilitando a execução de sondagens manuais na zona central. No entanto, cerca de 1 ano depois, a coluna de água reduzia-se a uns escassos 20 cm permitindo a selecção de um perfil mais a norte, onde ocorre o afloramento do hidrossoma e está sem vegetação (clareira sem vegetação) em pleno depocentro da depressão interdunar (**Figura V.2-10B**). No entanto, como a cota do fundo lagunar decresce ligeiramente para nascente, apenas a metade ocidental se encontrava exposta, pelo que em parte do alinhamento previamente escolhido, não foi possível efectuar amostragem. Apenas em 2013, se teve oportunidade de aceder à Lagoa da Sancha completamente seca, permitindo completar a recolha de testemunhos de sondagem no segmento em falta no perfil estabelecido em 2002. Para recolha das sondagens foi utilizado equipamento ligeiro de perfuração manual com diferentes tipos de amostrador (trado, meia-cana, van der Horst, van der stay, amostrador de turfas).

Deste modo, pode afirmar-se que o trabalho de recolha de testemunhos de sondagens se efectuou em três campanhas (**Tabela V.2-15**).

**Tabela V.2-15 - Localização e dados altimétricos das sondagens recolhidas na Lagoa da Sancha (coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos).**

	Data da recolha	Refª da amostra	Latitude	Longitude	Cota da boca do furo m (NMM)	Profundidade máxima atingida (m)
1ª campanha	21/6/2001	LS1	38° 1'22.92"N	8° 49'56.08"W	n.d.	0,60
		LS2	38° 1'22.92"N	8° 49'55.71"W	n.d.	1,04
		LS3	38° 1'22.92"N	8° 49'55.50"W	n.d.	0,80
		LS4	38° 1'22.92"N	8° 49'54.80"W	n.d.	0,70
		LS5	38° 1'22.92"N	8° 49'55.87"W	n.d.	1,15
2ª campanha	22/8/2002	LS6	38° 1'32.76"N	8° 49'58.76"W	3,15	2,60
		LS6A	38° 1'32.76"N	8° 49'58.72"W	3,15	4,70
		LS7	38° 1'32.73"N	8° 49'59.05"W	3,15	4,40
		LS8	38° 1'32.73"N	8° 49'59.25"W	3,15	3,25
		LS9	38° 1'32.69"N	8° 49'59.46"W	3,27	3,35
	23/8/2002	LS10	38° 1'32.66"N	8° 49'59.74"W	4,19	4,18
		LS11	38° 1'32.79"N	8° 49'58.55"W	3,15	2,50
		LS12	38° 1'32.82"N	8° 49'58.35"W	3,13	2,50
		LS13	38° 1'32.82"N	8° 49'58.14"W	3,08	2,50
		LS14	38° 1'32.85"N	8° 49'57.94"W	3,05	2,70
		LS15	38° 1'32.89"N	8° 49'57.73"W	2,98	2,47
		LS16	38° 1'32.89"N	8° 49'57.53"W	2,96	2,50
	8/11/2002	LS17	38° 1'32.91"N	8° 49'54.78"W	3,31	2,00
		LS18	38° 1'32.92"N	8° 49'55.19"W	3,31	4,30
3ª campanha	27/8/2013	13/LS20	38° 1'32.69"N	8° 49'55.44"W	2,86	2,69
		13/LS21	38° 1'32.75"N	8° 49'55.93"W	2,87	2,90
		13/LS22	38° 1'32.82"N	8° 49'56.46"W	2,74	2,90
		13/LS23	38° 1'32.82"N	8° 49'56.96"W	2,76	2,80
		13/LS24	38° 1'32.89"N	8° 49'57.61"W	2,88	2,80
		13/LS25	38° 1'32.89"N	8° 49'58.02"W	2,97	2,90
		13/LS26	38° 1'32.86"N	8° 49'58.60"W	2,96	2,50

Sondagens consideradas como representativas para estudo  
**negrito** - profundidade máxima atingida; n.d. - não determinada.

Na primeira campanha (Junho de 2001) foram efectuadas 5 sondagens (LS1 a LS5), recorrendo às mesmas técnicas utilizadas nos Poços do Barbaroxa, num perfil E-W mas sem levantamento altimétrico da cota da boca das sondagens. Embora sem esta informação, julga-se pertinente a inclusão da localização e das descrições macrocópicas das sequências sedimentares neste trabalho (**Anexo A.IV.5**).

Na segunda campanha (Agosto e Novembro de 2002), com o objectivo de caracterizar o enchimento holocénico desta depressão interdunar efectuaram-se 14 sondagens (LS6 a LS18), ao longo de um perfil, com extensão de 165m, segundo o eixo curto da depressão (**Figuras V.2-2, V.2-11**), atingindo-se uma profundidade máxima abaixo da superfície topográfica de 4,70m no furo LS6A.

Na terceira campanha (Agosto de 2013), foram recolhidas sete sondagens no segmento do perfil que em 2002 se encontrava submerso.

Os testemunhos foram descritos macroscopicamente (*Anexo A.IV.5*) quanto à cor, textura e composição e, a partir deles, seleccionaram-se 3 locais com as sequências sedimentares mais representativas do enchimento holocénico, que permitissem melhor caracterizar a sedimentação na zona central (LS6A) e na proximidade da margem E (LS18) e W (LS10) da depressão (*Tabela V.2-6*). Nesses locais, procedeu-se à recolha integral das sequências sedimentares, sendo os sedimentos protegidos com película aderente, referenciados e transportados para o laboratório.



**Figura V.2-11** - A - Localização dos perfis e das sondagens efectuados na Lagoa da Sancha nas campanhas de 2001/2002 (pontos a branco) e 2013 (pontos a verde); B - perfil principal com as sondagens efectuadas; C - perfil das sondagens de prospecção da 1ª campanha em 2001.

A cota de boca das sondagens, da campanha de 2002 (*Tabela V.2-15*) foi determinada com uma estação total Zeiss Elta ® 50R, partindo dos elementos altimétricos do vértice geodésico da SANCHÁ, fornecidos pelo Instituto Geográfico de Portugal.

Na campanha de 2013, procedeu-se ao levantamento topográfico da Lagoa da Sancha recorrendo a um DGPS (Differential Global Positioning System), modelo Leica Viva NetRover, em modo RTK (Real Time Kinematic). O perfil realizado estava orientado segundo a direção E-W, aproximadamente, e incluía ainda uma parte da duna frontal. Foi ainda cotado um ponto de controlo que havia sido implantado anteriormente (2002) na duna frontal para confirmação/rectificação da altimetria obtida em 2002.

## V.3 Ensaios Laboratoriais

### V.3.1 INTRODUÇÃO

Embora a presente tese englobe trabalhos de caracterização dos diferentes ambientes a distintas escalas temporais, com trabalho desenvolvido nos corpos aquosos, nos sedimentos de fundo actuais (sedimentos superficiais lagunares e fluviais) e antigos (sedimentos de sondagens “curtas” e “longas”), os ensaios laboratoriais efectuados incidiram, exclusivamente, na caracterização textural e composicional (análises sedimentológicas e geoquímicas) dos sedimentos. As características físico-químicas das massas aquosas foram obtidas *in situ*, já anteriormente explanadas.

Antes de expor as técnicas utilizadas para a determinação dos diferentes parâmetros sedimentológicos e geoquímicos, importa referir as condições a que cada amostra foi sujeita antes do ensaio propriamente dito. As amostras, depois de transportadas para os laboratórios do Grupo de Processos Costeiros do Departamento de Geologia da FCUL, foram tratadas de acordo com o seguinte procedimento:

#### V.3.1.1 AMOSTRAS SUPERFICIAIS (MICRO-ESCALA TEMPORAL)

Os sedimentos recolhidos no sistema litoral e fluvial foram colocados em copos de vidro ou plástico e secos em estufa a 60°C. Posteriormente, as amostras do sistema litoral foram quarteadas, retirando-se uma subamostra para análise sedimentológica e conservando-se o restante sedimento como reserva. Nas amostras fluviais, a enorme heterogeneidade textural (desde sedimentos cascalhentos a vasosos) impôs uma abordagem diferente:

- nos sedimentos cascalhentos a totalidade da amostra foi utilizada para a análise sedimentológica (exige-se uma quantidade maior de amostra para a sua representatividade), sendo quarteada posteriormente a fracção <2mm para obtenção de uma subamostra para análise geoquímica;
- nos sedimentos arenosos e vasosos precedeu-se ao quarteamento da amostra total, obtendo-se duas subamostras para estudo sedimentológico e geoquímico; o restante material ficou guardado como reserva.

Os sedimentos recolhidos nos sistemas lagunares passaram por procedimentos diferentes:

- os materiais recolhidos na Lagoa da Sancha, nas campanhas de 2001, foram secos em estufa a 60°C, durante vários dias até peso constante;
- todos os restantes materiais (Melides e Sancha) foram congelados, tendo sido liofilizados para obtenção do sedimento seco (**Anexo V - Foto A.V.2-2**).

#### V.3.1.2 SONDAGENS “CURTAS” (MESOESCALA TEMPORAL)

No que respeita ao estudo das sondagens “curtas” efectuadas na Lagoa de Melides, a **Tabela V.3-1** resume as características dimensionais de cada sondagem bem como o número de amostras obtidas e

analisadas. O procedimento laboratorial foi diferenciado para a abordagem sedimentológica, geoquímica e paleoecológica:

- Estudo Sedimentológico - sondagem LM6(2) - iniciou-se o descongelamento e abertura longitudinal do amostrador (tubo de PVC com diâmetro de 10 cm) portador do testemunho sedimentar, utilizando uma rebarbadora. Posteriormente, a sequência sedimentar foi fotografada, procedendo-se à sua descrição macroscópica pormenorizada. De seguida, foram seccionadas lâminas de 1cm (excepto a amostra do topo que correspondeu aos primeiros 5cm). No estudo sedimentológico foi analisado o total de amostras obtidas (78). As amostras foram colocadas em copos de vidro devidamente etiquetados e anotado o seu peso húmido. Seguidamente, foram congeladas e liofilizadas, após o que se procedeu à pesagem das mesmas, sendo anotado o seu peso seco, para obtenção do teor de humidade. As amostras secas foram depois posteriormente utilizadas para as restantes análises sedimentológicas. Estes procedimentos foram realizados nos laboratórios do Grupo de Processos Costeiros do Departamento de Geologia da FCUL.
- Estudo Geoquímico - sondagem LM6(1) - neste estudo o tratamento das amostras processou-se em função das análises a efectuar. A sondagem foi transportada para os laboratórios do Grupo de Sedimentologia e Geologia Marinha da Universidade de Bordéus onde o testemunho foi aberto longitudinalmente utilizando uma serra mecânica. Posteriormente, foi seccionado longitudinalmente em duas metades iguais (com auxílio de espátulas de plástico para obviar problemas de contaminação) e fotografado. Uma das metades da sondagem foi sujeita a análise radiológica (imagem de RX) para análise de estruturas sedimentares, permitindo uma melhor selecção dos níveis a escolher para determinação dos isótopos radiogénicos de  $^{210}\text{Pb}$  e de  $^{137}\text{Cs}$ , tendo sido seleccionadas 13 amostras. Nestas, obteve-se o peso húmido e o peso seco (após permanência das amostras em estufa a 60°C até remoção total da humidade), sendo retirado de seguida o material superior a 2mm, procedendo-se à pulverização do material <2 mm, em moinho com panela de ágata (com esferas). Após a análise dos isótopos, estas amostras pulverizadas bem como mais 3 (fracções <2mm), de níveis mais profundos, foram utilizadas para determinação da concentração de elementos maiores, menores e traço nos laboratórios do Departamento de Química do Instituto Tecnológico e Nuclear. Para datação  $^{14}\text{C}$  foram seleccionadas três amostras que correspondem a lâminas com 1 cm de espessura, coincidindo com sedimentos de natureza vasosa ricos em matéria orgânica, que foram desagregados e enviados para Beta Analytic Inc., USA.
- Estudo Paleoecológico - sondagens LM6(1) e LM6(3) - o procedimento da abertura da sondagem LM6(1) foi já descrito. Posteriormente, foi retirada em cada amostra uma pequena subamostra para análise do conteúdo em nanoplâncton calcário. O estudo dessas 65 subamostras foi efectuado pela Dr<sup>a</sup> Maria de Jesus de Ribeiro (Departamento de Geologia - FCUL), sendo os resultados inéditos apresentados nesta dissertação. A sondagem LM6(3) foi aberta longitudinalmente com auxílio de uma rebarbadora. Posteriormente, foi fotografada, procedendo-se à sua descrição macroscópica pormenorizada. Foi seccionada em lâminas de 1 cm perfazendo um total de 88 amostras, tendo-se retirado de cada 10 cm<sup>3</sup> e 2 cm<sup>3</sup> para o estudo do conteúdo em foraminíferos e em diatomáceas, respectivamente. Todas as amostras foram secas em estufa a 60°C. Das 88 amostras iniciais foram



seleccionadas 44 e 45 para o estudo do conteúdo em foraminíferos e em diatomáceas, respectivamente. No primeiro caso o estudo foi efectuado pela Dr<sup>a</sup> Maria Alday (Universidade de Bilbao), enquanto no segundo as análises foram processadas pela Dr<sup>a</sup> Tânia Ferreira (Departamento de Geologia - FCUL). Os resultados dos foraminíferos são inéditos e o das diatomáceas foram discutidos na dissertação de Doutoramento daquela investigadora. Todos estes resultados serão utilizados para a reconstrução paleoambiental no presente trabalho.

**Tabela V.3-1** - Características dimensionais de cada sondagem “curta” LM6 (réplicas) e o número de amostras obtidas e analisadas em cada estudo.

Ref <sup>a</sup> da Sondagem	Profundidade máxima (cm)	Estudo		Espessura das lâminas amostradas (cm)	Nº amostras obtidas	Nº amostras analisadas	Autores do estudo
LM6 (1)	81	Geoquímica	<sup>210</sup> Pb, <sup>137</sup> Cs	1,0 a 2,5	65	13	Presente estudo
			<sup>14</sup> C			3	
			Elementos maiores, menores, vestigiais			16	
		Paleoecologia	Nanoplâncton calcário			65	Dados inéditos, Dr <sup>a</sup> Maria Jesus Ribeiro
LM6(2)	82	Sedimentologia	pH, % CaCO <sub>3</sub> , %MO, textura	1,0 (uma de 5 cm)	78	78	Presente estudo
LM6(3)	88	Paleoecologia	diatomáceas	1,0	88	45	Ferreira (2013)
			foraminíferos			44	Dados inéditos, Dr <sup>a</sup> Maria Alday

### V.3.1.3 SONDAGENS “LONGAS” (MACROESCALA TEMPORAL)

Os testemunhos das sondagens “longas” efectuados na Lagoa de Melides, recolhidos com recurso a métodos de perfuração mecânica pesada, encontravam-se protegidos por revestimento de PVC ou acrílico, pelo que foi necessário o corte longitudinal dos mesmos para visualização do conteúdo e para o processo de amostragem. Os testemunhos foram longitudinalmente seccionados, nos laboratórios do Grupo de Processos Costeiros do Departamento de Geologia da FCUL, fotografados, descritos macroscopicamente quanto à cor, textura e composição mineralógica, dimensão granulométrica, calibragem e presença/ausência de elementos bioclásticos e orgânicos, sub-amostrados a intervalos variáveis aproximadamente de 30 e 50 cm, aumentando-se a densidade de amostragem dentro das sequências vasosas e/ou na proximidade de alternâncias litológicas.

As sequências sedimentares recolhidas nos ambientes interdunares (Poços do Barbaroxa e Lagoa da Sancha), recolhidas com métodos de perfuração manual ligeira, encontravam-se protegidas com película aderente, facilitando o trabalho inicial de processamento. Os testemunhos foram abertos longitudinalmente obtendo-se duas secções, procedendo-se à sua descrição macroscópica tendo em consideração os parâmetros citados anteriormente nas sondagens de perfuração mecânica. Foram seccionados em lâminas, em geral, de 2 em 2 cm, seleccionando-se as amostras para análise aproximadamente de 10 em 10 cm, diminuindo ou aumentando a malha de amostragem na proximidade de

alternâncias litológicas ou em segmentos mais homogêneos, respectivamente. Para secagem das amostras foram utilizados dois processos: 1) secagem em estufa a 60°C; 2) secagem em liofilizador. Após a remoção total da humidade do sedimento, obteve-se sedimento seco para as análises posteriores.

A **Tabela V.3-2** contém para cada tipo de estudo efectuado (sedimentológico, geoquímico) nas amostras seleccionadas: os parâmetros analisados, os métodos seguidos, os equipamentos e as instituições e departamentos/grupos de trabalho onde foram realizados.

**Tabela V.3-2** - Tipos de estudo, instituições e análises realizadas nas sondagens longas.

Tipo de estudo	Instituições	Departamentos/ Grupos	Determinação (Parâmetros)	Método	Equipamento
Sedimentológico	FCUL	Departamento de Geologia, Laboratório de Processos Costeiros	pH do sedimento	potenciométrico	- Hanna Instruments (HI 8314)
			Matéria orgânica	Wankly & Blanck (titulação)	variado
				Perda por ignição	Mufla
			% Carbonato de Ca	Calcimetria volumétrica	Calcímetro Eijkelkamp 08.53
				Diferença ponderal	HCl (diluído a 10 %)
			% >63 µm	Crivagem por via húmida	Crivo 63µm
			Granulometria da fracção > 63µm	Peneiração	Série de crivos, Endecotts/ASTM (intervalos de 0,5Φ) e agitador mecânico
			Granulometria da fracção < 63µm	Difracção de feixe laser	Malvern 2000, modelo Mastersizer 2000
Geoquímico	ITN	Grupo de Química Analítica	Tipologia de argilas	Difracção de RX	Philips analytical X-Ray B.V.
			PID (PHOTOIONIZATION DETECTOR)	Fotoionização	PID portátil de detecção de Compostos Orgânicos Voláteis
			Cerca de 200 elementos/compostos (inorgânicos/orgânicos)	vários	<a href="http://pt.alcontrol.com/pt-pt/soil%C2%B2control-portugal">http://pt.alcontrol.com/pt-pt/soil%C2%B2control-portugal</a>
			Elementos maiores, menores e vestigiais	INAA, ICP-OES, ICP-MS, XRF	<a href="http://www.actlabs.com/list.aspx?menu=64&amp;app=226&amp;cat1=549&amp;tp=12&amp;lk=no">http://www.actlabs.com/list.aspx?menu=64&amp;app=226&amp;cat1=549&amp;tp=12&amp;lk=no</a>
			Elementos maiores, menores e vestigiais	Espectrómetro de Fluorescência de Raios X dispersivo de Energias (EDRFX)	
			Elementos maiores, menores e vestigiais (Terras Raras)	INAA	
			Análise radiológica (imagem de RX) dos cores com análise de estruturas sedimentares	Radioscopia de RX	
			Radionuclídeos de $^{210}\text{Pb}$ e $^{137}\text{Cs}$	Espectrometria $\gamma$	
Geoquímico	Beta Analytic - EUA		$^{14}\text{C}$ , $\delta^{13}\text{C}$	AMS	

FCUL - Faculdade de Ciência da Universidade de Lisboa; ITN - Instituto Tecnológico e Nuclear; UB - Universidade de Bordeús.

### V.3.2 SEDIMENTOLOGIA

O estudo sedimentológico das amostras recolhidas processou-se no laboratório do Grupo de Processos Costeiros do Departamento de Geologia da FCUL, tendo sido o procedimento laboratorial utilizado bastante variado, fundamentalmente em função das características e da quantidade de sedimento disponível e dos objectivos de análises posteriores. A **Tabela V.3-3** sintetiza o tipo e o número de amostras analisadas em cada ambiente estudado.

**Tabela V.3-3** - Tabela síntese com o tipo, número de amostras analisadas em cada sistema estudado e o tipo de análise sedimentológica realizada.

Local	Tipo de amostra	Ref.	Teor de humidade	Textura		pH	Calcimetria		MO		Morfometria de balastos	Diffractometria de RX (tipo de argilas)
				Crivagem por via húmida (crivo 63µm)	Granulometria fracção >63µm	Granulometria fracção <63µm	Diferença ponderal	Calcimetria volumétrica	Titulação	Mufla *, **, ***		
Lagoa de Melides	superficiais	Lagunares	-	11	6	11	11	-	11	11	-	-
		Fluviais	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	sondagens	LM6	-	78	-	78	78	-	78	78	78*	-
		MB	-	96	90	52	96	96	-	55	-	-
		MIGM	-	60	60	60	60	-	60	60	-	3
Poços do Barbaroza	superficiais	Litorais	-	11	11	-	11	-	11	-	11*	-
	sondagens	BB	-	49 (21)	49 (21)	-	49 -	-	49 -	-	49* (88**)	- -
		BM	-	51	51	-	51	-	51	-	51	-
		BC	-	54	54	-	54	-	54	-	54	-
Lagoa da Sancha	superficiais	Lagunares	-	8 (7)	-	8	8 (7)	-	8	8	8*** (7)	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	[10]***	-
		Fluviais	-	5 (12)	5	5	5 (12)	-	5	5	(12)	-
	sondagens	Litorais	-	17	17	-	17	-	17	-	17*	-
		LS	- (49)	92 -	67	-	92 (50)	-	92	71	92*	-

**Barbaroza de Baixo:** (entre parênteses em BB) - nº de amostras da Sondagem BxBx5 que continua em processamento.

**Lagoa da Sancha:** (entre parênteses em Lagunares e Fluviais) - nº de amostras analisadas pelo grupo dos alunos da disciplina de Projecto do curso de Geologia da FCUL em 2013/2014; (entre parênteses em LS) - nº de amostras analisadas da sondagem 13/LS23, esta sondagem encontra-se em processamento; [entre parênteses em Lagunares] - amostras dos materiais precipitados após secagem completa da Lagoa da Sancha em 2013.

\* - 1 patamar térmico (500°C/3 h) - 1 a 2 g de amostra;

\*\* - 2 patamares térmicos (250°C/16 h; 500°C/16 h), sondagem BxBx5 - 0,5 g de amostra;

\*\*\* - 2 patamares térmicos (280°C/6 h; 520°C/6 h), - 0,5 g de amostra, amostras dos materiais precipitados após secagem completa da Lagoa da Sancha em 2013.

### V.3.2.1 TEOR EM ÁGUA

A determinação deste parâmetro foi apenas efectuada nas amostras da sondagem 13/LS23 da Lagoa da Sancha. As amostras foram pesadas o mais rápido possível após serem seccionadas do testemunho sedimentar para obtenção do peso húmido e liofilizadas. Após remoção completa da humidade foram pesadas assim que atingiram a temperatura ambiente, obtendo-se o peso da amostra seca.

O teor em água pode ser determinado através de duas expressões (1 - LORING & RANTALA, 1992; 2 - COSTA, 1999):

$$(1) \gamma_{\text{água}(2)}(\%) = \frac{(P_H - P_S)}{P_H} * 100$$

$$(2) \gamma_{\text{água}(1)}(\%) = \frac{(P_H - P_S)}{P_S} \times 100 \quad \text{em que:}$$

$\gamma_{\text{água}}$  = Teor em água  
 $P_H$  = peso da amostra húmida (g)  
 $P_S$  = peso da amostra seca (g)

**Tabela V.3-4** - Teores de água obtidos pela expressões (1) e (2) e relação com o peso de água e sedimento na amostra.

Peso	$\gamma_{\text{água}}(1)$	$\gamma_{\text{água}}(2)$
água > sedimento	>50%	>100%
água = sedimento	= 50%	= 100%
água < sedimento	<50%	<100%

Na primeira expressão, resultados superiores a 50% são equivalentes aos resultados superiores a 100% obtidos pela segunda expressão e significam que na amostra a água tem maior peso que a componente sólida do sedimento (**Tabela V.3-4**). Quando os pesos das duas componentes da amostra (água-sólido) são equivalentes, os resultados são iguais a 50% e 100%, se utilizada a expressão (1) e (2), respectivamente. Por último, se o peso da água for inferior ao do sedimento, os resultados serão inferiores a 50% e 100%, respectivamente.

Segundo LORING & RANTALA (1992), os sedimentos recentes de ambientes aquáticos podem conter entre 30 e 95% de teor em água. Como os ensaios requerem amostras secas, este é um parâmetro de fácil determinação e útil no caso de sedimentos com elevados teores de água intersticial salgada (>70%). Nessas amostras deve-se proceder à “correção de sais”, pois estes introduzem erros significativos na determinação dos teores de metais.

Os resultados que irão ser discutidos resultam da utilização da segunda expressão numérica.

#### V.3.2.2 PH

O pH de um solo/sedimento pode ser definido como o logaritmo negativo de base 10 da actividade do hidrogenião  $[H^+]$  na solução do solo/sedimento (COSTA, 1999; ref<sup>a</sup> net-1], podendo determinar-se em água agitando para isso uma determinada quantidade de sedimento em água destilada.

Segundo COSTA (1999), o resultado obtido depende da técnica de ensaio, variando consoante as proporções relativas de sedimento e água adicionadas. O mesmo autor alerta que devido à adsorção iónica, a concentração dos diversos iões na solução varia com a distância às partículas coloidais e que se podem obter valores diferentes consoante se posicione o eléctrodo na solução sobrenadante, na suspensão ou no sedimento. Deste modo, a concentração iónica é necessariamente superior junto da superfície das partículas coloidais.

As determinações do pH dos sedimentos foram efectuadas sempre na amostra total após secagem em estufa a 60°C, seguindo-se o método potenciométrico de acordo com a norma E 203 proposta pelo LNEC (1967a), que indica uma relação água:sedimento de 2:1. Esta norma consiste na realização de pelo menos três medições em meio aquoso que não podem diferir entre elas mais de 0,05 valores de pH, tendo-se efectuado as leituras com equipamento da Hanna Instruments, referência HI 8314, introduzindo o eléctrodo na suspensão e mantendo ligeira agitação da solução.

Na sondagem da Lagoa da Sancha, com a referência 13/LS23 mediu-se este parâmetro após abertura longitudinal dos segmentos da sondagem, introduzindo directamente o eléctrodo no sedimento húmido. O equipamento utilizado foi o Sensor Consort SP10T com o módulo multi-parameter analyser Consort C861.

#### V.3.2.3 TEOR EM CARBONATO DE Ca

A determinação do teor em carbonato de Ca, maioritariamente presente nos ambientes em estudo sob a forma de bioclastos, foi efectuada sempre na amostra total de duas formas distintas (**Tabela V.3-2**):

1) Diferença ponderal (amostras da sondagem “longa” MB) - aos sedimentos secos foi adicionado ácido clorídrico diluído a 10% para destruição do carbonato de cálcio. Finda a reacção, procedeu-se a sucessivas lavagens até se verificar neutralização do meio aquoso. O teor de carbonato de Ca é determinado por diferença ponderal antes e após a descarbonatação.

2) Gasometria/Calcimetria volumétrica (restantes amostras) - previamente ao ensaio, as amostras são desagregadas em almofariz com pilão de porcelana, para diminuição do tamanho das partículas

carbonatadas (facilita e garante reacção completa). São adicionadas algumas gotas de HCl (diluído - 4 mol/L) a cerca de 0,5 g de sedimento, para observação de reacção (efervescência). Na ausência desta, é assumida a inexistência de carbonato de Ca e considerado nulo o seu teor. Na sua presença e consoante a sua intensidade, é estimada a quantidade de sedimento a utilizar na calcimetria, de acordo com a tabela existente na norma do equipamento. O procedimento para a determinação deste parâmetro segue o proposto pelo fabricante do equipamento, onde a determinação da percentagem de carbonato de Ca se baseia no volume de CO<sub>2</sub> produzido após ataque com HCl (4 mol/L), relacionando através de uma expressão numérica os valores obtidos em ensaios em branco, em padrões (fabricados CaCO<sub>3</sub> com 99,5 %) e nas amostras analisadas.

#### V.3.2.4 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E ÍNDICE RP

A determinação do teor de matéria orgânica foi efectuada na amostra total através de três métodos:

- 1) oxidação química - segundo a norma portuguesa E 201 proposta pelo LNEC (1967b). O método consiste na oxidação do carbono orgânico da amostra com dicromato de potássio e ácido sulfúrico concentrado, seguida da titulação do excesso de dicromato de potássio com sulfato ferroso. A percentagem de matéria orgânica é estimada a partir do teor de carbono orgânico com base em fórmula empírica, admitindo que aquela contém em média 58% de carbono e que com esta técnica são oxidados aproximadamente 77% do carbono da matéria orgânica;
- 2) incineração (um patamar térmico) - perca por ignição (“ashing” - “loss on ignition”) - a amostra é desagradada e seca em estufa a 60°C. Posteriormente é pesado cerca de 1g de sedimento para um cadinho de porcelana, previamente tarado e inserida a amostra na mufla a 500°C durante 3h. Após esse tempo, a amostra é retirada e colocada em excicador até atingir a temperatura ambiente. Finalmente, é pesada e calculado o teor de matéria orgânica através da seguinte expressão:

$$\%MO = \frac{(P_{Ai} - P_{Af})}{P_{Ai}} * 100$$

em que:

P<sub>Ai</sub> - Peso da amostra inicial (com matéria orgânica)

P<sub>Af</sub> - Peso da amostra final (sem matéria orgânica)

- 3) incineração (dois patamares térmicos) - perca por ignição (“ashing” - “loss on ignition”) - neste procedimento o teor de matéria orgânica é determinado seguindo o método do Índice Rp (Kristensen, 1990). Cerca de 0,5 g de amostra seca (a 105°) desagregada é pesado num cadinho de porcelana (livre de humidade em estufa e mantido à temperatura ambiente em excicador), previamente tarado. A matéria orgânica será incinerada em mufla em duas etapas: uma primeira etapa de temperatura mais baixa e uma segunda etapa de temperatura mais elevada. O tempo de cada etapa deve ser idêntico. Dependendo do autor o patamar térmico e o tempo aconselhado para cada uma das duas etapas é diferente:

- de acordo com Kristensen (1990) que introduziu o Índice Rp, deve proceder-se à incineração da amostra com um patamar térmico inicial de 280°/6 horas, após o qual a amostra deve ser pesada para determinar a massa de matéria orgânica perdida. Segue-se um segundo patamar térmico de 520°/ 6 horas, após o qual se volta a aferir a massa de amostra perdida;
- de acordo com Loh *et al.* (2008), o binómio temperatura/tempo para cada patamar é de 250°/16h, 500°/16h com pesagens no final de cada patamar de modo idêntico.

A massa de amostra incinerada após cada patamar térmico (massa perdida) corresponde, respectivamente à quantidade de matéria orgânica LABIL e REFRACTÁRIA, presente na amostra. Esta massa pode ser convertida em percentagem utilizando o peso da amostra inicial.

$$\%MO(lábil) = \frac{(P_{Am.I} - P_{Am.1^{\circ} patamar})}{P_{Am.I}} * 100 \quad \text{em que:}$$

$P_{Am.I}$  - Peso da amostra após o 1° patamar térmico (com matéria orgânica)

$P_{Am.1^{\circ} patamar}$  - Peso da amostra final (sem matéria orgânica lábil), após o 1° patamar térmico

$$\%MO(refratária) = \frac{(P_{Am.1^{\circ} patamar} - P_{Am.2^{\circ} patamar})}{P_{Am.I}} * 100 \quad \text{em que:}$$

$P_{Am.1^{\circ} patamar}$  - Peso da amostra inicial (sem matéria orgânica lábil)

$P_{Am.2^{\circ} patamar}$  - Peso da amostra final (sem matéria orgânica lábil e refractária), após o 2° patamar térmico

A soma destas duas percentagens é considerado o teor de matéria orgânica total na amostra e o Índice Rp corresponde à razão entre a percentagem de matéria orgânica Refractária e a % Matéria Orgânica Total (Kristensen, 1990), podendo ser utilizado como um indicador para caracterização da tipologia da matéria orgânica e da sua degradabilidade.

Na presente dissertação, numa parte das amostras, principalmente as processadas há mais tempo, foi utilizado o método da titulação, que de uma forma geral, se veio a confirmar devolver resultados subestimados. Por este motivo, o Grupo do Laboratório de Processos Costeiros foi abandonando esta metodologia em detrimento da utilização da mufla. Na maior parte das amostras processadas por incineração, utilizou-se a metodologia de um patamar térmico (500°C/3 h). Nas amostras da sondagem BxBx5 e nas da 13/LS23 procedeu-se à determinação da percentagem total de matéria orgânica e do índice Rp com dois patamares térmicos, utilizando-se respectivamente o conjunto de patamares/tempo de 280°C/16 h - 520°C/16 h e 250°C/16 h - 500°C/16 h (**Tabela V.3-4**).



#### V.3.2.5 TEXTURA

O tamanho das partículas sedimentares é uma das propriedades mais importantes de sedimentos naturais não coesivos. Frequentemente a dimensão das partículas é utilizada como parâmetro único na sua caracterização. Dividiu-se a explanação dos procedimentos conducentes à determinação das diferentes fracções granulométricas em dois grandes grupos, de acordo com as classes dimensionais principais dos sedimentos: componente “fina - siltes+argilas” (fracção  $<63\mu\text{m}$ ), componente “areias+balastros” (fracção  $>63\mu\text{m}$ ).

Os trabalhos laboratoriais iniciam-se com a separação entre a fracção “grosseira” e a fracção silto-argilosa, através de crivagem por via húmida, usando um crivo de malha 4 $\phi$  (0,0625mm). A fracção grosseira, retida no peneiro, foi colocada na estufa a 60°C até secagem completa. Posteriormente, foi pesada para cálculo da percentagem das duas fracções relativamente à amostra total.

##### V.3.2.5.1 Sedimentos “Finos” (Fracção $<63\mu\text{m}$ - “Siltes + Argilas”)

###### A) *Granulometria da fracção $<63\mu\text{m}$*

O sedimento silto-argiloso seco foi desagregado em almofariz de porcelana com auxílio de um pilão de borracha para desagregação das partículas. A sua caracterização dimensional foi obtida em sedimentógrafo, por difracção de um feixe laser. No entanto, dificuldades técnicas impediram a realização da totalidade das análises no mesmo equipamento, pelo que se recorreu, após verificação da fiabilidade e compatibilidade dos resultados, a dois sedimentógrafos:

###### 1) FRITSCH - modelo ANALYSETTE 22

O intervalo de dimensões escolhido para análise ( $63\mu\text{m}$  a  $0,55\mu\text{m}$ ), é dividido automaticamente em 31 classes, obtendo-se a frequência simples e cumulativa de cada uma delas, bem como o histograma da distribuição e a respectiva curva cumulativa desenhada em papel semi-logarítmico. O software do aparelho fornece ainda a percentagem de material existente em cada amostra com dimensões abaixo de  $2\mu\text{m}$ ,  $4\mu\text{m}$ ,  $8\mu\text{m}$ ,  $16\mu\text{m}$  e  $31\mu\text{m}$ , valores que coincidem com os limites atribuídos por FRIEDMAN & SANDERS (1978) respectivamente a argilas, siltes muito finos, siltes finos, siltes médios e siltes grosseiros.

As análises foram efectuadas maioritariamente em amostras com matéria orgânica e em alguns casos repetiu-se a análise após destruição da matéria orgânica (destruída a quente com água oxigenada a 130 volumes) para comparação dos resultados. A homogeneização do sedimento a analisar foi conseguida com recurso a agitação e adição de desfloculante (hexametáfosfato de sódio).

###### 2) MALVERN - modelo Mastersizer 2000 - Hydro 2000 UM

O software do aparelho divide automaticamente a amostra em 6 classes (por definição do operador) e fornece a percentagem de material existente em cada uma, obtendo-se um histograma da distribuição, para cada amostra. As seis classes consideradas ( $63\mu\text{m}$ - $32\mu\text{m}$ ;  $32\mu\text{m}$ - $16\mu\text{m}$ ;  $16\mu\text{m}$ - $8\mu\text{m}$ ;  $8\mu\text{m}$ - $4\mu\text{m}$ ;  $4\mu\text{m}$ - $2\mu\text{m}$ ;  $2\mu\text{m}$ - $0,55\mu\text{m}$ ).

$\mu\text{m}$ -16  $\mu\text{m}$ ; 16  $\mu\text{m}$ -8  $\mu\text{m}$ ; 8  $\mu\text{m}$ -4  $\mu\text{m}$ ; 4  $\mu\text{m}$ -2  $\mu\text{m}$  e abaixo de 2  $\mu\text{m}$ ) coincidem com os limites anteriormente referidos para as distintas classes texturais.

As análises foram efectuadas maioritariamente em amostras com matéria orgânica e em alguns casos repetiu-se a análise após destruição da matéria orgânica (destruída a quente com água oxigenada a 130 volumes) para comparação dos resultados. A preparação da amostra para análise no sedimentógrafo, consistiu na pesagem de 0,06g de sedimento, ao qual se adicionaram 30cm<sup>3</sup> de água desionizada e algumas gotas de desfloculante (hexametafosfato de sódio), a fim de evitar a floculação das partículas finas. A suspensão foi colocada alguns minutos na tina de ultrasons, para desagregar totalmente as partículas sendo depois colocada no copo de análise do sedimentógrafo.

## B) Mineralogia da fracção <2 $\mu\text{m}$ (argilas)

Estas análises foram efectuadas, em dois locais:

- nos laboratórios do Instituto Tecnológico e Nuclear. A análise mineralógica da fracção argilosa foi efectuada na “rocha total” de uma amostra da Lagoa da Sancha (sedimento superficial: amostra LSD1A, campanha de Junho 2001) e de uma amostra de um diatomito da região de Rio Maior (para comparação do difractograma) e na fracção <63 $\mu\text{m}$  de uma amostra do Poço do Barbaroxa de Baixo (sondagem BB8: amostra 4,09-4,16) e do Poço do Barbaroxa do Meio (sondagem BM4: amostra 1,07-1,14). Retirou-se uma pequena porção de pó da amostra a analisar, tendo-se moído à mão num almofariz de ágata para reduzir a pó alguns grãos mais resistentes, normalmente o quartzo, de forma a promover grande homogeneização da amostra e a garantir uma melhor resolução nos difractogramas. A amostra então reduzida a pó muito fino foi colocada numa cavidade rectangular de cerca de 1 mm de profundidade existente num porta-amostras de vidro (lâmina), alisando-se a superfície do pó com a ajuda de uma lamela de vidro que se comprimiu levemente para evitar orientação cristalina preferencial do agregado.

A amostra dentro da lâmina foi depois colocada no difractómetro Philips X’Pert Pro com um goniómetro PW 3050/6x e um microprocessador PW 3040/60, tendo as medidas sido feitas nas seguintes condições:

- a) amplitude de  $2\theta(^{\circ})$  - 4 a 60;
- b) “step size” ( $^{\circ}2\theta$ ) - 0,02;
- c) “scan step time” (s) - 1,25; fenda ( $^{\circ}$ ) - 1.

Neste aparelho foi utilizada radiação  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ ) filtrada, com filtro de Ni, e com monocromatizador de grafite e fenda automática. As condições operacionais foram as seguintes: 20 mA, 30 KV, sensibilidade de  $2 \times 10^3$ , velocidade de rotação do goniómetro de  $1^{\circ}/\text{min}$ , velocidade de deslocamento do papel de registo de  $1\text{cm}/\text{min}$ ;

- nos laboratórios do Departamento de Geologia. A análise mineralógica da fracção argilosa foi efectuada na “rocha total” das amostras dos materiais precipitados após completa secagem da Lagoa da Sancha em 27/8/2013. Cada amostra foi moída num almofariz de ágata até apresentar uma textura semelhante ao pó de talco. A amostra pulverizada foi colocada num porta-amostra metálico. Recorreu-se a uma lâmina de vidro com uma face não polida virada para a parte côncava do porta-amostra de modo a ser possível introduzir a amostra entre a cavidade do porta-amostras e a lâmina de forma a se obter uma superfície lisa mas sem orientação dos minerais.

Após a preparação das amostras realizou-se a difracção de RX utilizando o difractómetro de RX Philips analytical X-Ray B.V. composto pelos seguintes componentes: controlador PW 3710 mpd/00 e gerador PW 1830, P. Os registos foram efectuados nas seguintes condições:

- a) amplitude de  $2\theta(^{\circ})$  - 3 a 70;
- b) “step size” ( $^{\circ}2\theta$ ) - 0,02;
- c) “scan step time” (s) - 1,0; fenda ( $^{\circ}$ ) - 1.

Neste aparelho foi utilizada radiação  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ ) filtrada, com filtro de Ni, e com monocromatizador de grafite e fenda automática. As condições operacionais foram as seguintes: 30 mA, 40 KV velocidade de rotação do goniómetro de  $1^{\circ}/\text{min}$ .

Para a interpretação dos resultados e apenas com um objectivo qualitativo, efectuou-se o reconhecimento dos minerais presentes tendo em conta a identificação dos picos de difracção obtidos com as amostras em pó recorrendo à consulta da bibliografia, nomeadamente THOREZ (1976), BRINDLEY & BROWN (1980) e JCPDS-ICDD (1993). Posteriormente os resultados foram processados com recurso ao software DRX Identify Graphics Module, Version 1.0.13 e DRX Main Module, Version 2.0.15, Copyright © 1998-1999 by Carlos M. N. Carvalho, tendo a identificação das fases minerais sido confirmada com a consulta das fichas “Powder Diffraction File” (PDF), publicadas em 1993 pela “Joint Committee on Powder Diffraction Standards - International Centre for Diffraction Data” (JCPDS-ICDD, 1993).

#### **V.3.2.5.2 Sedimentos “Grosseiros” (Fracção $>63\mu\text{m}$ - “Areias + Balastros”)**

##### **A) Granulometria da fracção $>63\mu\text{m}$**

A fracção grosseira, após seca na estufa e pesada, foi colocada numa coluna de peneiros Endecotts/ASTM, com intervalos de  $0,5 \phi$ , e crivada durante 15 minutos em agitador mecânico. Os resíduos presentes em cada crivo foram pesados e arquivados, tendo-se utilizado esta informação para a caracterização textural dos sedimentos através da obtenção de parâmetros estatísticos (método gráfico) de FOLK & WARD (1957) utilizando o programa GRAN GRAF (Carvalho, 1998).

## B) Morfometria

O estudo morfométrico usualmente efectua-se nos balastros com dimensões superiores a 2 cm ( $> -4 \phi$ ) mas a inexistência de número representativo de balastros nesses crivos condicionou o estudo morfométrico aos crivos -3,0, -3.5 e -4,0  $\phi$ . Deste modo, a morfometria foi realizada nas amostras com componente de balastros importante, nomeadamente em três amostras da sondagem “longa” MIGM (Lagoa de Melides) correspondentes às amostras referenciadas de 18,11-18,38m, de 19,10-19,22m e de 19,21-19,35m. Para medição das dimensões dos balastros utilizou-se a craveira Mitutoyo Abolute Digimatic.

Efectuou-se ainda o estudo da natureza petrográfica dos balastros, agrupando-se em grupos litológicos principais e determinando-se a percentagem relativa de cada litologia considerada.

### V.3.3 GEOQUÍMICA

Os protocolos de parceria estabelecidos entre o Grupo do Laboratório de Processos Costeiros (FCUL) e as diversas Instituições e Laboratórios (nacionais e internacionais), permitiu o acesso a variadas técnicas de análise química de sedimentos.

Na determinação da composição elementar (elementos maiores, menores e vestigiais) dos sedimentos para os estudos a micro, meso e macro-escala temporal, foram utilizadas técnicas multielementares (ver mais à frente descrição de INAA, ICP-OES, ICP-MS, XRF, EDXRF) que possibilitam a obtenção da concentração de um número de elementos menores e vestigiais em simultâneo com a determinação dos elementos maiores. A técnica de ICP-MS tem como vantagem sobre a ICP-OES, XRF e EDXRF menores limites de detecção. Nos estudos isotópicos foram utilizadas as seguintes técnicas: Espectrometria  $\gamma$  -  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  (mesoescala), Espectrometria de Massa com Acelerador (AMS) e método clássico (standard) -  $^{14}\text{C}$  (macroescala). A **Tabela V.3-5** resume o número e o tipo de amostras analisadas através de cada uma destas técnicas e em cada ambiente, enquanto a **Tabela V.3-6** apresenta os elementos analisados em cada um dos métodos utilizados.

Independentemente da técnica utilizada, as análises geoquímicas devem devolver resultados precisos e exactos, tanto em condições próximas do limite de detecção de cada técnica, como perante concentrações elevadas (SIEGEL, 2002).

Segundo KEITH (1983) a precisão e a exactidão referem-se ao método analítico, de uma forma geral, o que inclui erros associados, por exemplo à preparação da amostra, a flutuações na estabilidade dos equipamentos, a erros do operador ou da amostragem e calibração.

A *Precisão* é um indicador da uniformidade ou reprodutibilidade de um resultado, relacionando-se com a qualidade da operação pela qual o resultado é obtido e distinguindo-se da *Exactidão* que se relaciona com a qualidade do resultado. Descreve o grau de incerteza dos valores na medição, avaliando se os valores obtidos em repetidas medições diferem uns dos outros (HADJIIONANNON, 1988), podendo esta diferença ser expressa pelo desvio padrão (IUPAC, 1975). A *Exactidão* estima a proximidade entre a concentração medida e a concentração “verdadeira” - certificada (“true value”). Este parâmetro permite calcular o Erro da determinação através da seguinte expressão:

$$\text{Erro(\%)} = \left| \frac{\text{concentração obtida} - \text{concentração certificada}}{\text{concentração certificada}} \times 100 \right|$$

**Tabela V.3-5** - Tabela síntese com o tipo e número de amostras analisadas em cada sistema estudado e o método utilizado na análise geoquímica realizada.

Local	Tipo de amostra	Referência	Elementos						Isótopos			COV's	Elementos, Compostos
			INAA <sup>a)</sup>	ICP-OES	ICP-MS	XRF	EDXRF	INAA <sup>b)</sup>	Espectrometria $\gamma$	standard	AMS	PID	ICP-AES, GC-MS <sup>c)</sup>
			Elementos maiores, menores e traço						<sup>210</sup> Pb, <sup>137</sup> Cs	<sup>14</sup> C			<sup>&gt;200</sup> elementos/compostos (orgânicos e inorgânicos)
Melides	superficiais	Lagunares					11						
		Fluvial					1						
	sondagens	LM6					16		13		3		
		MB	34	34	34	34				3	3		
		MIGM					55	35		1	3		
Barbaroxa de Baixo	sondagens	BB, BxBx3, BxBx5								1, 13*, 5**			
Barbaroxa do Meio		BM							1	1			
Barbaroxa de Cima		BC											
Sancha	superficiais	Lagunares					8					5	1
		Fluviais					5					1	
		Areeiro da Sanchinha										5	1
	sondagens	LS					12				2		

a) no Actilabs - Activation Laboratories Ltd., Canada; b) no Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN - Portugal); c) "pacote analítico" Soil<sup>2</sup>Control nos laboratórios da Alcontrol (Roterdão - Holanda) (<http://pt.alcontrol.com/pt-pt/soil%C2%B2control-portugal>); \* - na sondagem BxBx3, no âmbito do Project SWIRL (CONNOR *et al.*, 2013); \*\* - na sondagem BxBx5, no âmbito da sondagem do plano de Pós-Doc do Dr. Manuel Leira Campos.

**Tabela V.3-6** - Método geoquímico e elementos que foi possível obter através de cada método.

Método (Local da análise)	Nº. de elementos/compostos	Elementos / Isótopos determinados
INAA (Actlabs)	28	Au, As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mo, Na, Nd, Rb, Sc, Sb, Sm, Ta, Tb, Th, U, W, Yb + Cl, I (isótopos de vida curta)
ICP-OES (Actlabs)	19	Ag, Al, Be, Ca, Cd, Cu, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V, Y, Zn
ICP-MS (Actlabs)	7	Bi, Ge, In, Se, Sn, Te, Tl
XRF (Actlabs)	10	Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si, Ti, (+LOI)
EDXRF (ITN)	21	Al, Br, Ca, Cl, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Si, Sr, Ti, Y, Zn, Zr
INAA (ITN)	28	As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Ga, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, W, Yb, Zn, Zr
Espectrometria Gama (UB)	2	<sup>210</sup> Pb e <sup>137</sup> Cs
AMS - <sup>14</sup> C (Beta Analytic Inc., USA.)	1	<sup>14</sup> C + <sup>13</sup> δC
Alcontrol (Roterdão - Holanda)	>200	Vários grupos: metais, compostos aromáticos voláteis, fenóis, nitrofenóis, PAH's, pesticidas clorados, clorobenzenos, clorofenóis, PCB's, Ftalatos, pesticidas nitrogenados, pesticidas fosforados, alquilbenzenos, hidrocarbonetos totais,...

Independentemente da técnica utilizada, as análises geoquímicas devem devolver resultados precisos e exactos, tanto em condições próximas do limite de detecção de cada técnica, como perante concentrações elevadas (SIEGEL, 2002).

Nas análises efectuadas em laboratórios acreditados a exactidão/precisão do método foi sempre avaliada tendo em conta que os laboratórios faziam em simultâneo com as nossas amostras a análise a padrões internacionais.

Nas análises realizadas pela autora seguiu-se o mesmo critério e foi calculada a exactidão e a precisão tendo em conta todas as análises efectuadas (ver mais à frente).

### V.3.3.1 TÉCNICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR (ELEMENTOS MAIORES, MENORES E VESTIGIAIS)

#### V.3.3.1.1

**Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA);  
Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES);  
Fusion Inductively Coupled Plasma Emission/Mass Spectrometry - ICP/MS;  
X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF)**

Estas técnicas foram utilizadas para a determinação da concentração de 54 elementos maiores, menores e vestigiais em 34 amostras da sondagem “longa” MB (*Tabela V.2-20*), tendo sido considerada para este ensaio a amostra total. O tratamento prévio efectuou-se nos laboratórios de Processos Costeiros (FCUL) e consistiu na secagem dos sedimentos em estufa a 60°C e pulverização em moinho de ágata. A determinação efectuou-se nos Laboratórios da “Activation Laboratories Ltd. (Actilabs)”, no Canadá. Este laboratório disponibiliza a descrição detalhada dos referidos métodos na sua página da internet (<http://www.actlabs.com/list.aspx?menu=64&app=226&cat1=549&tp=12&lk=no>).

A Precisão e a Exactidão na determinação do conteúdo de metais foram estabelecidas com a análise simultânea dos materiais de referência internacionais (Padrões) AC-E, BIR-1, DNC-1, G-2, IF-G, MRG-1, NBS 1633a, STM-1, SY3, W-2.

A técnica INAA foi também disponibilizada pelo Instituto Tecnológico e Nuclear sendo utilizada para a determinação da concentração de 28 elementos (Na, K, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Ga, As, Br, Rb, Zr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Th, U) em 35 amostras dos sedimentos da sondagem MIGM. O tratamento prévio efectuou-se nos laboratórios do Grupo de Processos Costeiros (FCUL) e consistiu na secagem dos sedimentos em estufa a 60°C e pulverização da amostra total, em moinho de ágata.

Alíquotas das amostras foram secas em estufa a 110°C durante 24h e arrefecidas em excicador até atingirem a temperatura ambiente. Posteriormente, foram introduzido 200 a 300 mg de sedimento em pequenas caixas de polietileno de elevada pureza, previamente taradas. Estas caixas, juntamente com monitores de fluxo de Fe (irradiações longas), foram colocadas em contentores apropriados para irradiação. Utilizou-se como fonte de neutrões o Reactor Português de Investigação (RPI), obtendo-se a concentração dos elementos por irradiações de longa duração (7 horas) no núcleo do RPI a um fluxo térmico de  $3,34 \times 10^{12} \text{ ncm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ;  $\phi_{\text{epi}}/\phi_{\text{tér}} = 1,4 \%$ ;  $\phi_{\text{tér}}/\phi_{\text{ráp}} = 12,1$ . As medições das taxas de



contagem de amostras foram efectuadas recorrendo a dois espectrómetros de raios- $\gamma$  constituídos por um detector coaxial de Ge de 150 cm<sup>3</sup> e um detector de fótons de baixas energias (LEPD), amplificadores Canberra 2020 e um analisador multicanal Accuspec B (Canberra). Este sistema tinha uma FWHM de 1,9 keV a 1,33MeV (detector coaxial Ge), de 300 eV a 5,9keV e de 550 eV a 122keV (detector de baixas energias). Os espectros foram processados usando software apropriado.

Efectuaram-se correcções para as interferências nos espectros devidas aos produtos de fissão do urânio, na determinação do Ba, terras raras e zircónio (GOUVEIA *et al.*, 1987).

A Precisão e a Exactidão dos resultados obtidos com este método de análise foram estabelecidas com a análise simultânea de dois materiais de referência internacionais (Padrões de solos): GSS-4 e o GSS-5 do “Institute of Geophysical and Geochemical Prospecting” (IGGE), usando os valores tabelados por GOVINDARAJU (1994), tendo sido considerados aceitáveis<sup>5</sup>. Mais detalhes relativos ao método encontram-se publicados em GOUVEIA & PRUDÊNCIO, 2000, GOUVEIA *et al.*, 1987 e KIN *et al.*, 1999.

#### **V.3.3.1.2 Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) (Fluorescência de Raio-X Dispersiva de Energias)**

Esta técnica, sediada no Instituto Tecnológico e Nuclear, foi utilizada para a determinação da concentração de vários elementos maiores, menores e vestigiais em 108 amostras.

O tratamento prévio das amostras não foi sempre idêntico. As amostras para o estudo a micro e meso-escala temporal (lagunares, fluviais e sondagens “curtas”), após liofilização, foram pesadas e efectuada, com recurso a um crivo de acrílico, a separação da fracção >2mm. Esta foi pesada e descrita macroscopicamente, guardando-se em sacos de plástico. Determinou-se a percentagem > e < 2 mm. Da fracção <2 mm retirou-se uma pequena quantidade (cerca de 10 g) que foi pulverizada num moinho de bolas de ágata durante um determinado intervalo de tempo, de modo a se obterem partículas com dimensões inferiores a 63  $\mu$ m. As amostras para o estudo a macro-escala temporal (sondagem MIGM - Lagoa de Melides; sondagens LS - Lagoa da Sancha) foram secas em estufa a 60 °C e posteriormente pulverizado o sedimento total em moinho de bolas de ágata.

Dos cerca de 10 g de sedimento pulverizado é retirado aproximadamente 2 g que são colocados em estufa a 110 °C durante 24h. Após arrefecimento em excicador durante 4h, a amostra é pesada para obtenção do peso inicial. Para a preparação das pastilhas a amostra foi colocada em almofariz de ágata e adicionados 2 ml de um aglomerante (Chemplex-Liquid Binder - constituído por 100 mg/ml de um polímero CnHn de cloreto de metilo - solvente volátil), homogeneizando-se a mistura com uma vareta de vidro sob uma lâmpada de 300W para evitar a formação de agregados de partículas enquanto se evapora o solvente. Seguidamente, o preparado é desagregado com auxílio de um pilão de ágata até obtenção de um pó extremamente fino e homogéneo. A amostra é depois compactada sob a forma de uma pastilha com 32mm de diâmetro numa prensa hidráulica de 15 toneladas durante 20 a 25 minutos. A amostra já sob a forma de

---

<sup>5</sup> Estes valores não foram cedidos pela equipa que efectuou as medições no Reactor Português de Investigação (RPI),

pastilha é colocada na estufa a 110°C durante 20 minutos, arrefecendo em excicador durante 4h, tempo após o qual é de novo pesada. Determinaram-se os valores de massa por unidade de área e também a razão entre a massa correspondente à quantidade de aglomerante adicionado e a massa da pastilha para cada uma das amostras (SKOOG, 1992).

As pastilhas, em conjuntos de 14 amostras mais 2 padrões, são colocadas no porta-amostras giratório do espectómetro, Kevex EDX-771 Analyst System, e analisadas sob vácuo durante 500s, com três condições de excitação:

- Radiação directa (4k; 0,18mA) proveniente do ânodo de ródio para quantificar os elementos Mg, Al, Si, P e S;
- Radiação característica do alvo secundário de germânio (15kV; 2mA), para a quantificação dos elementos K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu e Zn;
- Radiação característica do alvo secundário de prata (35kV; 1,2mA), para determinar as concentrações dos elementos Br, Rb, Sr, Y, Nb e Pb e as intensidades dos picos de difusão de Compton e Rayleigh.

No procedimento da análise dos espectros obtidos minimizam-se as interferências após a identificação dos picos correspondentes aos elementos detectados, em várias etapas: remoção dos picos interferentes (picos escape, soma), subtração do ruído de fundo. Após o ajuste gaussiano e a determinação das áreas de cada pico, a intensidade de cada elemento é convertida em valor de concentração através de uma calibração previamente efectuada com padrões de referência adequados. Os limites de detecção (CL) desta técnica estão expressos na **Tabela V.3-7**, tendo sido determinados de acordo com a IUPAC (1978) através da seguinte expressão:

$$C_L = \frac{3\sqrt{B}}{S} \quad \text{em que: } \begin{array}{l} S = \text{coeficiente de calibração} \\ B = \text{fundo (calculado como o somatório das intensidades referentes à gama de energia utilizada para o ajuste gaussiano do respectivo pico)} \end{array}$$

Foram utilizados como materiais de referência os padrões geológicos SRM 2704 (Buffalo River sediment, National Institute of Standards and Technology, New York, U.S.A.) e GSD-9 - (sediment - Institute of Geophysical and Geochemical Prospecting) para avaliação da *Precisão e Exactidão*.

As **Tabelas V.3-8 e V.3-9** mostram a *Precisão* e a *Exactidão* obtidas nesta técnica para cada elemento, comparando os valores medidos com os certificadas para os dois padrões anteriormente referidos.

**Tabela V.3-7 - Limites de detecção da técnica de EDXRF**

Elemento	(mg/kg)	Elemento	(mg/kg)	Elemento	(mg/kg)	Elemento	(mg/kg)
Al	194	Cu	10	Ni	10	Si	157
Br	10	Fe	14	Nb	10	Sr	10
Ca	117	K	185	Pb	26	Ti	57
Cl	500	Mg	483	Rb	10	Y	10
Cr	25	Mn	20	S	1000	Zn	10
						Zr	10

**Tabela V.3-8** - Valores de *Precisão* e *Exactidão* do método espectrometria de fluorescência de raios-X dispersivo de energias, obtidos com a utilização do padrão SRM2704.

Elem	CERTIFICADO		medido									MÉDIA	PRECISÃO	EXACTIDÃO (%)
Mg	1,20	Wt.%	1,26	1,32	1,26	1,22	1,22	1,23	1,23	1,25	1,24	1,25	<b>0,03</b>	<b>4,0</b>
Al	6,11	Wt.%	6,48	6,43	6,48	6,48	6,38	6,36	6,41	6,51	6,44	6,44	<b>0,05</b>	<b>5,4</b>
Si	29,08	Wt.%	29,27	28,84	29,27	29,11	28,07	28,05	28,91	29,60	28,99	28,90	<b>0,53</b>	<b>0,6</b>
S	3970,00	mg/kg	4100,00	4100,00	4100,00	4000,00	4000,00	3800,00	4000,00	4100,00	3900,00	4011,11	<b>105,41</b>	<b>1,0</b>
Cl														
K	2,00	Wt.%	2,03	2,02	2,03	2,15	2,06	2,05	2,02	1,99	2,01	2,04	<b>0,05</b>	<b>2,0</b>
Ca	2,60	Wt.%	2,60	2,64	2,60	2,67	2,53	2,52	2,57	2,59	2,61	2,59	<b>0,05</b>	<b>0,3</b>
Ti	0,46	Wt.%	0,47	0,49	0,47	0,48	0,46	0,46	0,46	0,47	0,48	0,47	<b>0,01</b>	<b>3,1</b>
Cr	135,00	mg/kg	139,18	133,43	139,18	111,04	147,91	132,02	123,51	117,52	132,55	130,70	<b>11,54</b>	<b>3,2</b>
Mn	555,00	mg/kg	603,99	631,70	603,99	638,22	588,73	607,15	583,12	598,09	619,06	608,23	<b>18,43</b>	<b>9,6</b>
Fe	4,11	Wt.%	4,23	4,34	4,23	4,32	4,24	4,22	4,21	4,19	4,28	4,25	<b>0,05</b>	<b>3,4</b>
Ni	44,40	mg/kg	49,06	35,33	49,06	47,82	43,55	46,08	36,10	40,99	42,80	43,42	<b>5,19</b>	<b>2,2</b>
Cu	98,60	mg/kg	93,93	94,71	93,93	93,84	95,17	92,27	97,02	91,01	95,61	94,17	<b>1,78</b>	<b>4,5</b>
Zn	438,00	mg/kg	521,27	531,44	521,27	477,84	455,28	454,43	460,14	522,99	519,99	496,07	<b>33,24</b>	<b>13,3</b>
Br	7,00	mg/kg	7,04	7,61	7,04	4,30	6,79	3,30		9,91	7,07	6,63	<b>2,03</b>	<b>5,3</b>
Rb	100,00	mg/kg	101,70	108,86	101,70	101,72	92,74	100,28	100,45	106,05	110,00	102,61	<b>5,19</b>	<b>2,6</b>
Sr	130,00	mg/kg	129,11	136,11	129,11	128,97	127,62	127,66	126,97	129,58	132,69	129,76	<b>2,90</b>	<b>0,2</b>
Y														
Zr	300,00	mg/kg	285,13	289,59	285,13	287,94	289,80	297,33	282,19	275,39	275,68	285,35	<b>6,99</b>	<b>4,9</b>
Nb														
Pb	161,00	mg/kg	154,43	183,40	154,43	162,53	167,84	154,10	175,93	158,84	149,39	162,32	<b>11,35</b>	<b>0,8</b>

valores nao certificados

**Tabela V.3-9** - Valores de *Precisão* e *Exactidão* do método espectrometria de fluorescência de raios-X dispersivo de energias, obtidos com a utilização do padrão GSD-9.

Elem	CERTIFICADO		medido									MÉDIA	PRECISÃO	EXACTIDÃO (%)
Mg	1,44	Wt.%	1,48	1,28	1,48	1,42	1,39	1,39	1,41	1,44	1,41	1,41	<b>0,06</b>	<b>2,1</b>
Al	5,60	Wt.%	5,35	5,13	5,35	5,29	5,34	5,28	5,32	5,40	5,30	5,31	<b>0,08</b>	<b>5,2</b>
Si	30,33	Wt.%	30,16	29,32	30,16	30,35	29,49	29,17	30,48	30,52	29,92	29,95	<b>0,51</b>	<b>1,3</b>
S	150,00	mg/kg												
Cl	50,00	mg/kg												
K	1,65	Wt.%	1,62	1,65	1,62	1,67	1,68	1,67	1,63	1,63	1,64	1,65	<b>0,02</b>	<b>0,4</b>
Ca	3,82	Wt.%	3,83	3,89	3,83	3,82	3,82	3,83	3,87	3,92	3,91	3,86	<b>0,04</b>	<b>0,9</b>
Ti	0,55	Wt.%	0,51	0,53	0,51	0,54	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,53	<b>0,01</b>	<b>3,9</b>
Cr	85,00	mg/kg	71,93	77,61	71,93	96,89	81,17	99,23	92,33	63,19	61,39	79,52	<b>14,01</b>	<b>6,4</b>
Mn	619,57	mg/kg	595,99	592,40	595,99	622,48	572,43	595,39	589,17	588,21	579,55	592,40	<b>13,84</b>	<b>4,4</b>
Fe	3,40	Wt.%	3,28	3,40	3,28	3,33	3,34	3,34	3,32	3,30	3,34	3,33	<b>0,04</b>	<b>2,2</b>
Ni	32,30	mg/kg	33,40	26,18	33,40	25,76	32,70	27,05	37,76	29,92	27,59	30,42	<b>4,13</b>	<b>5,8</b>
Cu	32,10	mg/kg	35,80	36,34	35,80	33,11	35,14	36,21	32,66	33,29	34,28	34,74	<b>1,43</b>	<b>8,2</b>
Zn	78,00	mg/kg	77,36	82,47	77,36	70,94	68,86	72,96	74,10	78,07	80,81	75,88	<b>4,50</b>	<b>2,7</b>
Br	1,50	mg/kg												
Rb	80,00	mg/kg	88,37	88,98	88,37	81,75	74,52	79,25	79,70	80,56	87,15	83,18	<b>5,18</b>	<b>4,0</b>
Sr	166,00	mg/kg	166,93	178,53	166,93	167,15	166,12	164,73	169,97	163,82	167,33	167,95	<b>4,33</b>	<b>1,2</b>
Y	26,60	mg/kg	23,95	27,69	23,95	31,39	26,58	31,51	26,99	31,67	28,10	27,98	<b>3,03</b>	<b>5,2</b>
Zr	370,00	mg/kg	379,14	388,99	379,14	386,66	391,66	395,52	392,12	372,94	379,35	385,06	<b>7,67</b>	<b>4,1</b>
Nb	17,70	mg/kg	18,17	25,68	18,17	16,77	23,25	15,02		14,49	20,74	19,04	<b>3,93</b>	<b>7,5</b>
Pb	23,00	mg/kg	43,71	32,36	43,71	24,18	19,81	31,26	20,88	30,75	25,92	30,29	<b>8,81</b>	<b>31,7</b>

valores nao certificados

### V.3.3.1.3 Photoionization Detector (PID) (Detector de Fotoionização)

De forma resumida e de acordo com documento da EPA (1994), o PID portátil é um detector de vapor/gás que utiliza o princípio da fotoionização para detectar compostos químicos orgânicos ou inorgânicos no ar. É um equipamento muito útil na monitorização de locais contaminados, sendo capaz de detectar e medir em tempo real, no campo (ou já em laboratório), as concentrações de uma grande variedade de vapores orgânicos e inorgânicos.

O analisador do PID detecta os vapores que tenham um potencial de ionização menor ou igual ao da fonte de ionização do equipamento, que é uma lâmpada ultra-violeta (UV). A fotoionização ocorre quando um átomo ou uma molécula absorve um fotão com energia suficiente para libertar um electrão e originar um ião positivo. Para tal acontecer, o potencial de ionização de uma molécula em electrões-volt (eV) tem de ser menor que a energia do fotão incidente. Uma lâmpada de UV, constitui uma fonte de fotões com energia suficiente para ionizar a maior parte dos compostos orgânicos mas insuficiente para ionizar os maiores componentes do ar (ex: azoto, oxigénio, dióxido de carbono). Existem vários tipos de sondas para o PID, cada uma com uma lâmpada com determinado eV (Krypton = 10,6 eV; Xenon = 9,6 eV; Argon = 11,7 eV), logo com um potencial de ionização diferente. Quanto maior a energia da lâmpada maior é o espectro de compostos possíveis de detectar. No entanto, a lâmpada de 11,7 eV tem uma durabilidade baixa o que obriga a uma substituição mais frequente, enquanto a de 9,6 eV é que tem a maior durabilidade mas a sua baixa energia diminui o espectro de compostos a detectar, pelo que a maior parte das vezes se opta por um PID com uma lâmpada de energia intermédia (10,6 eV). Um aspecto importante é a calibração dos equipamentos com um composto apropriado, sendo o mais utilizado o isobutileno.

O PID é um equipamento incapaz de distinguir compostos diferenciados numa mistura de gases, pelo que a resposta é uma detecção integrada dessa mistura de gases.

Durante os trabalhos conducentes a esta dissertação, as características atípicas da Lagoa da Sancha e a recente descoberta dos resíduos enterrados no areeiro da Sanchinha, principalmente os detectados na célula sul do areeiro, que apresentavam um forte odor a hidrocarbonetos, fez suspeitar da presença de poluentes desta tipologia, embora com uma incerteza no que concerne aos possíveis contaminantes presentes nas amostras recolhidas. Com o intuito de fazer uma despistagem que ajudasse a equipa na escolha da(s) amostra(s) a enviar para o laboratório acreditado Alcontrol (Roterdão - Holanda), pediu-se à empresa Higidus, S.A. que realizasse leituras, com o seu PID portátil, nas amostras recolhidas na campanha de 7 e 19/3/2014 na Lagoa da Sancha e no areeiro da Sanchinha. O Dr. Nuno Melo, responsável pela empresa acedeu, e a Dr<sup>a</sup> Rita André técnica responsável pelo equipamento esteve no Laboratório de Processos Costeiros no dia 31/3/2014 para efectuar as leituras. As amostras que tinham sido recolhidas a 7 e 19 de Março, mantiveram-se em sacos fechados em arca refrigeradora.

O equipamento da empresa Higidus, S.A. é um PID MiniRAE 2000 com uma lâmpada de energia 10,6 eV e com capacidade para detecta concentrações até 10 000 ppm ([http://www.raesystems.com/sites/default/files/content/resource/MiniRAE-2000\\_DS\\_LR\\_051507.pdf](http://www.raesystems.com/sites/default/files/content/resource/MiniRAE-2000_DS_LR_051507.pdf)).

Foram efectuadas medições nas seguintes amostras da Lagoa da Sancha:

- Sedimentos lagunares superficiais - SAN1, SAN2, SAN3, SAN3A, SAN3B

- Sedimentos fluviais - BEB9
- Amostras do areeiro da Sanchinha - TW1, TW2, TW2A, TW3, TW4

Esta análise preliminar permitiu a escolha das amostras SAN2 e TW3 que seguiram para o laboratório acreditado Alcontrol (Roterdão - Holanda) onde se procedeu, tendo-se escolhido o “pacote” de Análises Soil<sup>2</sup>Control (<http://pt.alcontrol.com/pt-pt/soil%C2%B2control-portugal>), por constituir um “screening method” (“método de varrimento”) quando se conhece mal a história do local contaminado ou este tem uma história complexa (sem tipologia determinada do grupo de contaminantes presente), se dispõe de reduzida quantidade de amostra, se pretende baixos limites de detecção. Este pacote analítico detecta, caso existam, mais de 200 compostos incluindo PCB's, pesticidas, metais pesados, hidrocarbonetos ou Compostos Orgânicos Voláteis, entre outros.

#### V.3.3.2 TÉCNICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA

##### V.3.3.2.1 Accelerated Mass Spectrometry (AMS) - $^{14}\text{C}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (Espectrometria de Massa com Acelerador - $^{14}\text{C}$ e $\delta^{13}\text{C}$ )

No âmbito do presente trabalho foram efectuadas 15 análises de determinação de datação radioisotópica de  $^{14}\text{C}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$ , utilizadas no estudo a macro-escala temporal.

As amostras seleccionadas para datação consistiram em lâminas de pequena espessura (1-2 cm) de lodos, lodos orgânicos ou turfas. Os sedimentos foram retirados das sequências sedimentares e removido todo o material envolvente, sendo considerado apenas o material do núcleo da lâmina isento de contaminação. As amostras foram envolvidas em papel de alumínio e enviadas para o laboratório da Beta Analytic Inc. (EUA) para determinação da idade radiocarbono em matéria orgânica particulada. As idades radiocarbono (“conventional age” - anos BP) foram calibradas para idades de calendário (anos cal BP) utilizando o programa CALIB 7.0.2 (disponível na internet - STUIVER & REIMER, 1993).

##### V.3.3.2.2 $\gamma$ Spectrometry - sedimentation rates - $^{210}\text{Pb}$ , $^{137}\text{Cs}$ (Espectrometria $\gamma$ – Taxas de sedimentação - $^{210}\text{Pb}$ , $^{137}\text{Cs}$ )

As análises por espectrometria  $\gamma$ , que permitiram obter a actividade dos isótopos  $^{210}\text{Pb}$  (natural) e  $^{137}\text{Cs}$  (artificial), foram realizadas na Universidade de Bordéus nos laboratórios do Grupo dos Isótopos Traço. Foram analisadas 13 amostras da sondagem “curta” LM6 da Lagoa de Melides. O tratamento prévio das sondagens até à obtenção das amostras para medição de radiação encontra-se descrito no ponto V.3.1.2 *Sondagens “curtas”*.

A medição dos radionuclídeos foi efectuada num espectrómetro gama de alta resolução (baixo nível de fundo) - Intertechnique EGSP 2200-25 equipado com um detector de Germânio de grande volume (100-1000 cm<sup>3</sup>), equipamento comercializado por Eurisys Mesures. O programa InterPC (Intertechnique) controla as operações de contagem e o registo dos dados. Esta técnica permite a obtenção simultânea de vários radionuclídeos com importância para os estudos ambientais. Para o cálculo das taxas de sedimentação é necessário saber a actividade do  $^{210}\text{Pb}$  em excesso no sedimento (“unsupported”) e do

$^{137}\text{Cs}$ . A determinação da actividade do  $^{210}\text{Pb}$  em excesso efectua-se subtraindo à actividade total do  $^{210}\text{Pb}$  a actividade do  $^{226}\text{Ra}$  (do sedimento, que por decaimento origina o  $^{210}\text{Pb}$  “supported”), pelo que se utiliza a actividade total do  $^{210}\text{Pb}$  medida directamente (pico 46,5Kev) enquanto que a actividade do  $^{226}\text{Ra}$  é estimada a partir da actividade dos descendentes (em equilíbrio) -  $^{214}\text{Pb}$  e  $^{214}\text{Bi}$ , medidos directamente nos três picos do espectro (295,2; 352,0; 609,3 Kev). A actividade do  $^{137}\text{Cs}$  estima-se directamente pelo pico de 661,6 Kev.

Para a obtenção das actividades, cerca de 10 g de sedimento seco e desagregado (sem material >2 mm - exclusivamente bioclastos) é acondicionado numa pequena caixa de plástico hermética e colocado no espectrómetro para medição das actividades durante 10 a 24h.

Este método tem com vantagens comparativamente à espectrometria alfa: a) método não destrutivo; b) dosagem simultânea de vários radioelementos; c) mais rápido, pois não precisa de tratamento químico longo e prolongado.





## CAPÍTULO VI

---

CARACTERIZAÇÃO A MICRO, MESO E MACROESCALA TEMPORAL:

DINÂMICA ACTUAL, SECULAR E MILENAR

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Vista para oeste da barra de maré da Lagoa de Melides  
© A.Cruces - 5/4/2008

## VI.1 Sistemas Lagunares

### VI.1.1 LAGOA DE MELIDES

#### VI.1.1.1 MICRO-ESCALA

##### VI.1.1.1.1 Sistema Litoral

###### A) *Barreira*

O litoral nas proximidades da laguna de Melides caracteriza-se pela existência de arribas baixas, comparativamente com as encontradas no restante arco litoral Tróia-Sines, com alturas inferiores a 13 m, cortadas em areias plio-quaternárias(?) esbranquiçadas, onde se intercalam níveis de areias de cor laranja muito consolidadas (BOLÉU-TOMÉ, 1994). Estas são encimadas por dunas antigas que estabelecem ligação, em alguns locais, devido à reduzida altura das arribas, com as dunas actuais posicionadas na alta praia (GOMES, 1992). A continuidade das arribas é interrompida, numa extensão longitudinal de aproximadamente 550 m, na embocadura da laguna de Melides, assistindo-se, aí, à presença de uma barreira arenosa.

A laguna encontra-se isolada do oceano por esta barreira terminal de natureza arenosa, que se encontra enraizada em terra em ambas as extremidades nas arribas anteriormente descritas (barreira soldada) (*Anexo V.2 - FOTOS A.V.2-1*). O troço N desta barreira, mais extenso (~300 m) com cotas apicais não superiores a 5 m (NMM) é constituído por uma face de praia e uma ou duas bermas, encontrando-se encimado por dunas embrionárias. No entanto, na porção activa desta barreira, nomeadamente na extensão onde é, normalmente, estabelecida a ligação da laguna com o mar, o dispositivo geomorfológico é mais simples. Aqui, do mar para terra, a face de praia reflectiva, normalmente modulada por sistemas de lobos, passa para um conjunto de uma ou mais bermas que gradam para a praia lagunar sob a forma de leque de galgamento, apresentando, por isso, um perfil transversal extremamente simples, resultante do rejuvenescimento geomorfológico que lhe é periodicamente imposto pela reabertura artificial da barra de maré e pela dificuldade de recuperação das dunas, danificadas pelo galgamento e por pisoteamento intenso (*Anexo V.2 - FOTOS A.V.2-2, A.V.2-3*). O galgamento da barreira é um dos processos de transferência sedimentar entre o oceano e o espaço lagunar, que contribui para a sobrevivência daquela em situação de erosão da sua fachada exterior, e regula a cota da superfície topográfica, mantendo-a em equilíbrio dinâmico e permanente com a capacidade ora erosiva, ora construtiva, das ondas. Embora a N da laguna de Melides os edifícios dunares embrionários se encontrem preservados, a S a elevada pressão antrópica na Praia de Melides conduziu a acelerada degradação dos mesmos.

CRUCES (2001) caracterizou os sedimentos da barreira arenosa confinante da laguna de Melides ao longo de dois perfis transversais, mostrando os resultados que são sedimentos essencialmente arenosos, cuja fracção >63 µm tem dimensão média a grosseira, moderadamente bem calibrada a bem calibrada mas que na linha de máximo espraio do preia-mar podem ocorrer sedimentos ainda mais grosseiros e com menor calibragem (areão fino, mal calibrado). As areias dunares são formadas por sedimentos nitidamente



mais finos e melhor calibrados. De um modo geral, pode afirmar-se que os sedimentos arenosos da barreira da laguna de Melides quando comparados com os sedimentos dos fundos lagunares são melhor calibrados e mais grosseiros, existindo forte afinidade textural e composicional entre os materiais da região vestibular da laguna e os anteriormente descritos, face à proximidade com a barra de maré, cuja dinâmica é responsável (nas enchentes durante o período de barra activa), pela injeção de areias da praia, através do canal de maré, no sistema lagunar próximo face ao elevado hidrodinamismo que caracteriza esse período e essa zona.

### **B) Barra de maré**

A evolução morfológica da barra de maré, na laguna de Melides, é um processo complexo e que se desenvolve ao longo do tempo a ritmo variável, mas sem divagação lateral, tal como se verifica na laguna de Santo André (CRUCES, 2001, CRUCES *et al.*, 2000, 2009a; PIRES *et al.*, 2009, 2010, 2011). Nas horas que se sucedem à operação de abertura, o jacto de vazante escava um canal rectilíneo, simétrico, e os sedimentos exportados depositam-se na plataforma próxima, reorganizando-se em poucas horas sob a forma de um leque de vazante simétrico, situado no enfiamento da embocadura (**Anexo A.V.2 - FOTOS A.V.5, A.V.2-6**). Pouco tempo depois, a actividade transversal das ondas devolve à embocadura um volume substancial de areias, propiciando a construção de uma barra de meandro que, por sua vez, agrada verticalmente. Em consequência, os fundos da barra assoreiam e o canal de maré meandrizava, perdendo eficiência hidráulica; o leque de vazante descentra para sotamar, possibilitando a transposição da barra e evolui para uma barra de espalho. Posteriormente, esta barra de espalho e a crista de praia em agradação soldam-se, promovendo a selagem da embocadura, quase sempre, promovida por transporte transversal predominante. Nas vizinhanças internas da embocadura o transporte residual de areias é positivo, a favor da enchente, traduzindo-se pela reformulação morfológica e acumulação de leques de enchente (**Anexo A.V.2 - FOTO A.V.2-7**), sendo também o principal mecanismo responsável pelo assoreamento e injeção de areias marinhas no espaço lagunar. Principalmente na região vestibular, onde as correntes de enchente atingem velocidades capazes de produzir geoformas de transporte no fundo do canal que permanecem inalteradas pelas correntes de vazante (**Anexo A.V.2 - FOTO A.V.2-7**), incapazes de remodelar as anteriores formas de enchente, pelo que aí se vão acumulando ao longo do tempo. Em 2001, CRUCES apresentou um modelo de evolução morfodinâmica para as barras de maré das lagunas de Melides e Santo André, cuja única diferença se coloca no tempo de vida da mesma. Enquanto em Santo André a barra pode permanecer activa por períodos superiores a 1 mês, na laguna de Melides a evolução processa-se a um ritmo mais acelerado, como consequência dos menores prismas tidais e dimensões da secção hidráulica envolvidos, incapazes de uma manutenção de escoamento eficiente, ocorrendo a selagem do canal em cerca de 1 a 2 semanas. Este modelo é mais tarde confirmado no decorrer de um trabalho de monitorização realizado por uma equipa de investigadores na qual a autora se encontrava a trabalhar (FREITAS *et al.*, 2009b, 2010b, 2010c, 2011), após a monitorização de quase dois anos deste sistema lagunar. O canal de maré inicialmente modelado pelo forte fluxo inicial que lhe confere paredes escarpadas (**Anexo A.V.2 - FOTO A.V.2-8A**), evolui principalmente à custa do assoreamento dos fundos,

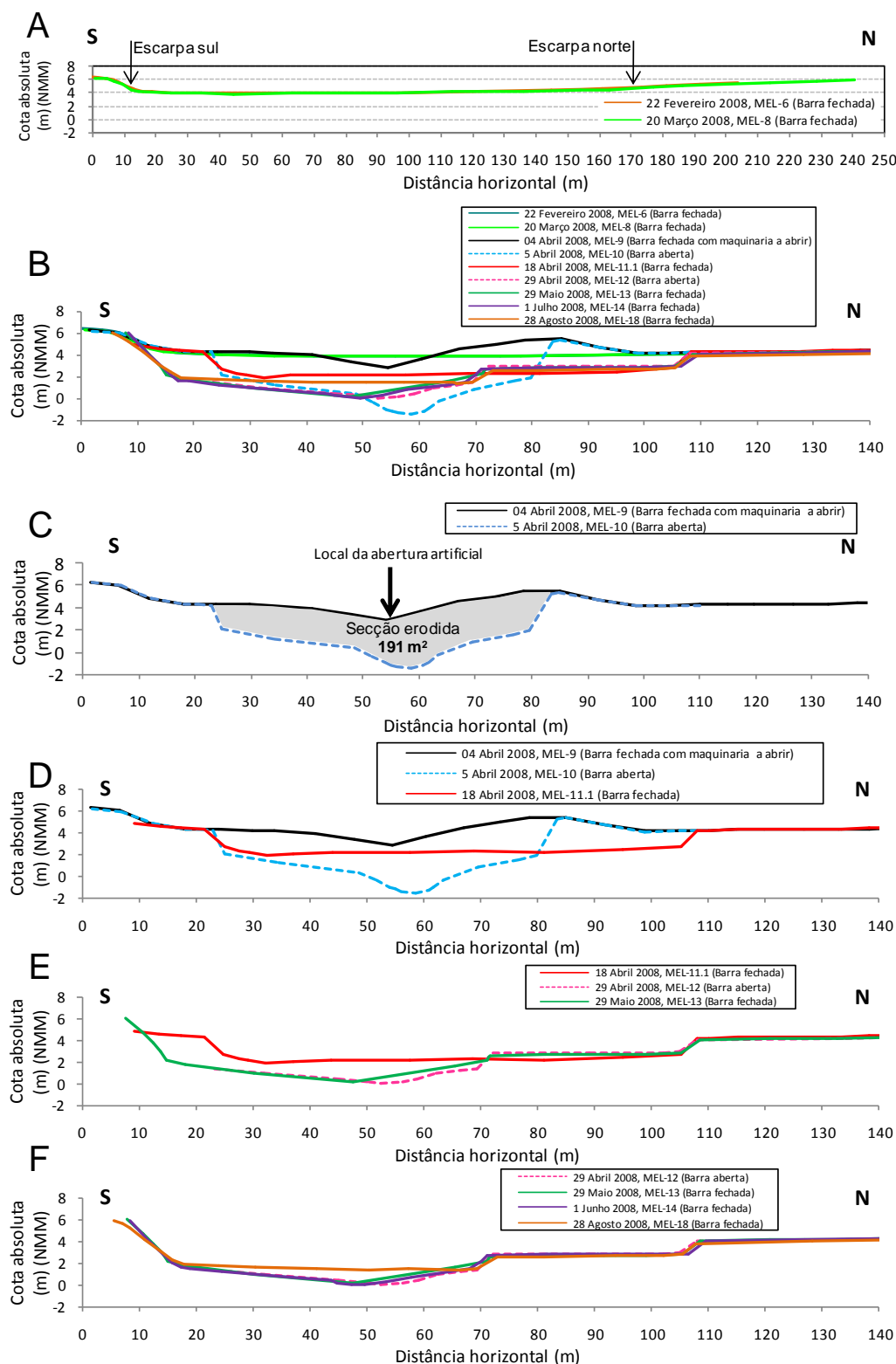
permanecendo a sua configuração longitudinal praticamente inalterada. Na base das paredes escarpadas soldam-se patamares marginais que ladeiam um canal mais estreito (encaixado no anterior) secção única activa durante o baixa-mar, enquanto durante o preia-mar os patamares ficam submersos atingindo a largura do canal toda a distância entre escarpas (**Anexo A.V.2 - FOTO A.V.2-8A**). Levantamentos topográficos obtidos em 2000 (CRUCES, 2001) e em 2008 (FREITAS *et al.*, 2009b - **Figura VI.1-1**) confirmam a imobilidade transversal da barra de maré, atribuindo-lhe largura aproximada para a sua secção activa durante o preia-mar, de cerca de 50 m e uma cota de talvegue de 2 m (NMM). Após o encerramento da barra de maré, fica no cordão arenoso uma “cicatriz” cuja colmatação se faz em termos altimétricos à custa da agradação vertical de sucessivas lâminas de areia promovida pelo galgamento de ondas de maiores dimensões, conduzindo ao nivelamento com a restante barreira. Esta acreção ocorre em episódios discretos, associando-se as maiores acreções aos episódios de temporal, apresentando a zona do cordão arenoso a sotamar (a leste, praia interna lagunar) um nivelamento mais lento.

Durante o período em que a barra de maré se mantém activa, possibilitando o contacto do meio lagunar com o oceânico, regista-se a propagação da maré na laguna. Esta foi monitorizada na região vestibular em 23-24 Março de 2000 (CRUCES, 2001) 1 dia após a abertura artificial da barra de maré e a menos de 24h do seu encerramento. Nessas condições, a cota da base do canal era próxima do nível médio do mar, o que suprime os efeitos do início da enchente oceânica no espaço lagunar, sendo necessário que a maré exterior ultrapasse essa cota para induzir o início da maré lagunar. Em consequência, a amplitude desta é, claramente, inferior à maré oceânica, registando a autora uma atenuação de 57% no interior da laguna, produzindo enchentes curtas (~4h20m) e vazantes prolongadas (~8h00), o que conduz a atrasos menores no início da vazante lagunar (~30 m) e maiores no início da enchente lagunar (2h18m). Trabalhos mais recentes efectuados na Primavera de 2008 (FREITAS *et al.*, 2009b) apresentaram valores da mesma ordem de grandeza, embora com atenuações que atingem 67 %.

A existência de um registo sistemático das datas das aberturas, do tempo de vida da barra, bem como da cota do nível de água lagunar antes da abertura artificial da barra de maré, constituiria informação de grande utilidade na compreensão dos mecanismos actuantes e da sua repercussão no sistema. No entanto, perante a sua inexistência, procedeu-se à actualização do conjunto de informações previamente compiladas por CRUCES (2001) em documentos de natureza variada, junto dos agricultores, pescadores e população local (**Tabela VI.1-1**). Na **Tabela VI.1-2** encontram-se os dados recolhidos até à data relativamente à cota do plano de água antes das aberturas/reaberturas naturais ou artificiais.

O volume de água armazenado e consequentemente a cota do plano de água constituem um dos parâmetros mais importantes no sucesso destas barras de maré efémeras, nomeadamente no desenvolvimento de um canal amplo e profundo, tal como já foi identificado no funcionamento da barra de maré da Lagoa de Santo André (CRUCES *et al.*, 2009a). Até à data, são ainda escassos os registos da cota do plano de água lagunar obtidos imediatamente antes da abertura artificial da barra de maré e do período de actividade que se lhe sucede, para que se consiga estabelecer uma relação directa entre o volume de água armazenado e o tempo de vida da barra de maré.





**Figura VI.1-1** - Perfil longitudinal norte-sul, nas várias campanhas de levantamentos topográficos transversais à barra de maré (escala vertical sobre-elevada 2x) (retirada de FREITAS et al., 2009):

A - Morfologia antes da abertura da barra, campanhas de 22 de Fevereiro (MEL-6) e 20 de Março de 2008 (MEL-8); B - Comparação entre todos os levantamentos efectuados; C - Comparação entre o perfil efectuado na manhã imediatamente antes da 1ª abertura artificial da barra de maré (4/4/2008) e o perfil na manhã seguinte à abertura (5/4/2008); D - Comparação entre os perfis de 4/4/2008 (manhã antes da abertura), 5/4/2008 (dia seguinte à abertura) e 18/4/2008 (8 dias após o encerramento da barra); E - Comparação entre os perfis antes da 2ª abertura da barra (18/4/2008), durante a 2ª abertura (29/5/2008) e 1 mês após o encerramento da barra; F - Comparação entre o perfil em barra aberta, após a 2ª abertura (29/4/2008) e 1, 2 e 4 meses após o encerramento da barra.

**Tabela VI.1 - 1 - Registo cronológico de informações sobre a barra de maré da laguna de Melides.**

Anos	Tipo de Abertura	Data da Abertura	Data do encerramento	Dias com barra activa	Observações	Referências	
1254 ?	Porto fluvial	?	?	?	"D. Afonso III, numa preocupação de evitar que a prata e as moedas saíssem do reino, empobrecendo-o, enumera, num documento sem data, uma série de portos marítimos, ou portos fluviais que comunicavam pelos rios com o mar. Assim de norte para sul, começava por Lisboa, Almada, Sesimbra, Palmela, Setúbal, Alcácer, <u>Santiago do Cacém</u> , Aljezur, Lagos, Silves, Porches, Albufeira, Faro, Tavira, Cacela, Aiamonte, Mértola, Serpa, Mourão e/ou Moura".	TAVARES, 2004	PRESENTE ESTUDO
~1630	?	?	?	?	barra "...que no hes capaz de navios grandes por su poco fondo como por ser muy hestreacha..."	ALBERNAZ, 1630 in BLAZQUEZ, 1910	
~1758	?	?	?	?	"...uma fonte, ou olho de água...vai dar a uma lagoa que se comunica com o mar"	MEMÓRIAS PAROQUIAIS, 1758	CRUCES, 2001
~1812	?	?	?	?	"Barra de Melides propria só para barcos"	FRANZINI, 1812	
~1839	artificial	?	?	?	"Que a aberta da lagôa de Melides seja feita à custa dos proprietários..."	SILVA, 1869	
~1850	?	?	?	?	"Melides, povoação...com pequeno porto na barra do mesmo nome, ..."	CAMARA, 1850	
~1853	?	?	?	?	"Pequeno porto de mar"	MARQUES, 1983	
~1866	?	?	?	?	"...uma pequena lagoa...próxima ao mar, com que repetidas vezes se comunica."	Silva, 1866	
~1952	artificial	?	?	?	"... só comunica com o mar artificialmente, para mudança das suas águas e repovoamento de peixe."	MINISTÉRIO DA MARINHA, 1952	
1967	?	~ 18 Março	2 Abril	~ 15	Encerramento dia 2 de Abril. "...o fecho ficou-se mais a dever a uma barreira formada pelo mar..." dia 27 de Março durante a entrada da maré oceânica o canal tinha cerca de 8 m de largura e 20 cm de profundidade; no pico do P.M. penetração da água oceânica em maior largura (?), aumentando a profundidade para cerca de 1 m	SCHROEDER-LANZ et al., 1967 WIENEKE, 1971	
~1967	artificial	várias	?	?	"...recorre-se com frequência a Bulldozers para romper a barreira e facilitar o escoamento..." "é aberta, uma vez todas as três semanas, entre Novembro e Abril, e mais uma vez em Agosto ou Setembro, quatro semanas antes da colheita do arroz."	SCHROEDER-LANZ et al., 1967	
1969	?	?	Março/Abril	?	dia 17 e 24 de Março estava aberta fluxos de laguna/mar e mar/laguna dia 9 de Abril já estava fechada	WIENEKE, 1971	
últimos 50 anos	natural e artificial	?	?	< 8	aberta artificialmente sempre que necessário, mantendo-se a barra activa sempre menos de 1 semana	inf. o. a)	
1988	natural	Fev./Março	?	?	abertura natural em Fevereiro/Março após época da grande pluviosidade em Janeiro e Fevereiro.	COSTA et al., 2003	
~1990	?	?	?	?	"...normalmente não comunica com o mar."	MINISTÉRIO DA MARINHA, 1952	
1994	?	Março/Abril	?	8		SANTOS, 1994	
1997	natural	fim do ano	?	?	abertura natural durante o Inverno	inf.o. a)	
1998	?	9 Abril	antes 27 Abril	<18	dia 27 de Abril já estava encerrada		
1999	?	?	antes 21 Maio	?	13 de Maio estava aberta (fechou provavelmente em menos de 1 semana, pois dia 21 de Maio registou-se nova reabertura)		PRESENTE ESTUDO
	?	21 Maio	?	?	Reabertura		
2000	artificial	22 Março	24 Março	2	Aberta pelas 12h 30m. Formação de canal pouco profundo com ~50 m de largura. Sem renovação completa da água lagunar. Intensa mortalidade de peixes. Encerrou a 24 de Março durante o P.M. das 4h 50m		
	artificial	22 Abril	25 Abril	3	Barra reaberta no mesmo local da anterior, manteve a sua largura. Sem renovação completa da massa de água lagunar.		
	?	11 Maio	13 Maio	2	Abriu dia 11 de Maio pelas 10h. Encerrou dia 13 de Maio pelas 13h.		
	natural	23 Dezembro	7 Janeiro	15	A barra de maré formou-se pelo rompimento natural da barreira arenosa provocado pelo excessivo volume de água represada.	inf.o. b)	
2001	natural	10 Janeiro	22 Janeiro	12			
	?	?	23 Fevereiro	?			
	natural	4 Março	6 Março	2		inf.o. b)	
2002	natural	10 Março	9 Abril	30			
	natural	2 Abril	17 Abril	15			
2003	artificial	25 Mar-15 Abr	?	<7		inf.o. c)	
	artificial	~9Julho	?	?	abertura excepcional no Verão: situação crítica na laguna com grande mortandade de peixes; dia 8 foram realizadas análises (amostragem a montante do Parque de campismo); dia 10 notícia no Diário de Notícias ("Ontem já estava limpa, depois da renovação da água de que foi alvo (aquando da sua abertura ao mar), o que possibilitou salvar parte da fauna piscícola."	inf.o. d), e)	
2004	artificial	25 Mar-15 Abr	?	?		Inf.o. c)	
	artificial	25 Mar-15 Abr	?	?		Inf.o. c)	
2005	artificial	12 Julho	12 Julho	Poucas horas	abertura excepcional no Verão: situação crítica na laguna com grande mortandade de peixes; dia 8 foram realizadas análises (amostragem a montante do Parque de campismo).	Inf.o. d)	
	artificial	13 Julho	14 Julho	~ 24h		Inf.o. d), f)	

? - informação não fornecida pelo autor; P.M. preia-mar; inf.o. - informação oral de: a) população local; b) Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); c) Joaquim Chainho orizicultor da várzea da laguna de Melides; d) Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro, CCDR-Alentejo. e) D.N. - Jornal Diário de Notícias, 10 de Julho de 2003. f) informação oral de Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR-Alentejo.

**Tabela VI.1 - 1 (continuação) - Registo cronológico de informações sobre a barra de maré da laguna de Melides.**

Anos	Tipo de Abertura	Data da Abertura	Data do encerramento	Dias com barra activa	Observações	Referências
2006	artificial	1 Abril	8 Abril	7		Inf.o. d), f)
	natural	? Novembro	?	Poucos dias		Inf.o. f)
	natural	? Dezembro	?	Poucos dias		Inf.o. f)
2007	natural	2 Março	18 Março	16		Inf.o. f)
	artificial	17 Abril	21 Abril	4	Barra estreita e pouco profunda.	
2008	artificial	4 Abril	10 Abril	6		
	artificial	22 Abril	1 Maio	9		
2009	natural	2 Fevereiro	1 Março	26	Barra de maré larga e profunda.	Inf.o. f)
	artificial	7 Abril	8 Abril	1		
2010	natural	1 Janeiro	1ª semana de Fevereiro ainda aberta	>30		
	natural	20 Fevereiro	23 Fevereiro	3		Inf.o. f)
	natural	7 Março	6 Abril	30		Inf.o. f)
	artificial	28 Abril	29 Abril	<1	Abertura efectuada para que os campos de arroz não ficassem inundados. Barra de maré estreita e pouco profunda.	
	natural	30 Dezembro	18 Janeiro	19		Inf.o. f)
2011	natural	16 Fevereiro	10 Março	22		Inf.o. f)
	artificial	4 Abril	5 Abril	1	Abertura efectuada para que os campos de arroz não ficassem inundados. Barra de maré estreita e pouco profunda.	Inf.o. f)
	Artificial	6 Abril	7 Abril	1	B Abertura efectuada para que os campos de arroz não ficassem inundados. Barra de maré estreita e pouco profunda.	Inf.o. f)
	artificial	26 Abril	27 Abril	1	Abertura efectuada para que os campos de arroz não ficassem inundados. Barra de maré estreita e pouco profunda.	Inf.o. f)
	artificial	5 Abril	?	?	Procedeu-se à abertura artificial cercas das 16h30m.	
2012	artificial	5 Maio	8 Maio	3		Inf.o. h)
	artificial	13 Maio	16 Maio	3		Inf.o. h)
	artificial	16 Maio	18 Maio	2		Inf.o. h)
2013	artificial	1 Janeiro	1 Janeiro	1 maré		Inf.o. h)
	artificial	12 Janeiro	Final de fevereiro	= 45	Formou-se uma barra muito ampla, pois o volume de água armazenado era imenso. Quando encerrou cerca de um mês e meio depois o cordão de areia ("cicatriz") manteve-se muito baixo, o que facilitou um novo rompimento natural ao fim de três dias.	Inf.o. g), h)
	artificial	Princípio de Março	Princípio de Março	Duas marés	Esta segunda abertura gerou um canal mais estreito que se manteve activo apenas duas marés.	Inf.o. h)
	artificial	24 Março	3 Maio	40		Inf.o. g), h)
2014	natural	18 Janeiro	?	?	Abriu naturalmente no sábado, dia 18 devido ao temporal que se fez sentir. O mar galgou o cordão arenoso, fazendo subir o nível da água na lagoa resultando daí o rompimento do mesmo.	f)
	artificial	15 Abril	16 Abril	1		
2015	artificial	19 Março	24 Março	5	Procedeu-se à abertura artificial colocando as águas a drenar para o oceano pelas 16h. O escoamento após 1 hora da abertura era já intenso com formação de ondas estacionárias de grande dimensão. No dia seguinte ficou com um canal largo e profundo.	f)
	artificial	8 Abril	8 Abril	< 1	A barra foi aberta artificialmente pois, após dia 24 de Março (dia do encerramento da barra de maré) choveu consideravelmente, o que conduziu ao alagamento dos canteiros de arroz da região mais a jusante. Os orizicultores promoveram nova abertura artificial para escoamento das águas represadas, permitindo que os canteiros ficassem emersos para serem preparados para semear o arroz.	

PRESENTE ESTUDO

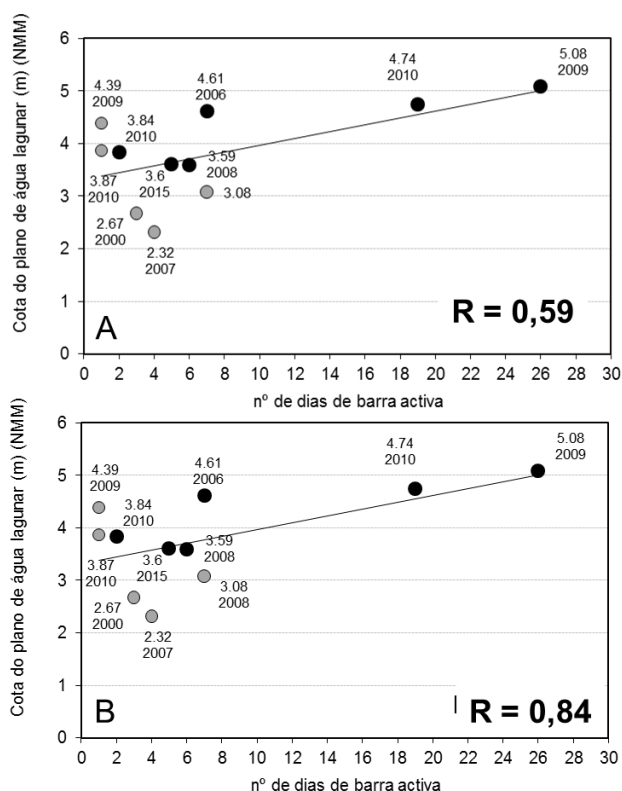
? - informação não fornecida pelo autor; P.M. preia-mar; inf.o. - informação oral de: a) população local; b) Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); c) Joaquim Chainho orizicultor da várzea da laguna de Melides; d) Drª Isabel Pinheiro, CCDR-Alentejo. e) D.N. - Jornal Diário de Notícias, 10 de Julho de 2003. f) Informação oral de Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR-Alentejo; g) Ana Vidal, Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha; h) Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

**Tabela VI.1-2** - Tipo de abertura da barra de maré, datas de abertura/encerramento, tempo de actividade da barra e cota do plano de água antes da abertura.

Ano	Tipo de abertura	Dia de medição da cota do plano de água	Dia da abertura	Dia do encerramento	Dias barra activa	Cota plano água (m) (NMM)	Autor
2000	artificial	22-03-2000	22-03-2000	24-03-2000	2	3,84	CRUCES (2001)
	artificial	16-04-2000	22-04-2000	25-04-2000	3	2,67*	
2006	artificial	27-03-2006	1 Abril	8 Abril	7	4,61	PRESENTE ESTUDO
2007	artificial	03-04-2007	17-04-2007	21-04-2007	4	2,32*	
2008	artificial	04-04-2008	04-04-2008	10-04-2008	6	3,59	
	artificial	22-04-2008	22-04-2008	29-04-2008	7	3,08*	
2009	natural	02-02-2009	03-02-2009	01-03-2009	26	5,08	
	artificial	06-04-2009	07-04-2009	08-04-2009	1	4,39*	
2010	artificial	13-04-2010	28-4-2010	29-04-2010	1	3,87*	
2010/11	natural	29-12-2010	30-12-2010	18-1-2011	19	4,74	
2012	artificial	05-04-2012	05-04-2012	?	?	3,95	
2015	artificial	19-03-2015	19-03-2015	24-03-2015	5	3,61	

\* - Correspondem a cotas do plano de água obtidas antes de uma reabertura anual artificial, ou seja não correspondem a cotas máximas de inundação após a época da chuva.

A correlação obtida utilizando todos os dados existentes para a Lagoa de Melides (**Tabela VI.1-2**, **Figura VI.1-2A**) é de 0,59, mas se apenas usarmos cotas referentes aos planos de água que antecedem as primeiras aberturas anuais (e não reaberturas), obtém-se uma correlação mais elevada ( $R = 0,85$  - **Figura VI.1-2B**), semelhante à obtida na Lagoa de Santo André ( $R = 0,79$  - CRUCES *et al.*, 2009a). Podemos ainda concluir que a cota do plano de água máxima na Lagoa de Melides não deve exceder em muito os 5m.



Efectivamente em Fevereiro de 2009 a barreira cedeu - abertura natural - quando atingiu 5,08m e em 2010 o máximo de inundação antes da abertura natural de 30 de Dezembro era de 4,74m. O tempo de actividade da barra de maré associada a este sistema lagunar não deve ultrapassar, em regra, 1 semana, quando a cota do plano de água lagunar é inferior a 5m (NMM) e da ordem das duas semanas a um mês, quando este valor é excedido (**Tabela VI.1-2**). Este comportamento é distinto do observado na Lagoa de Santo André, situada 3km a sul, onde apesar de se registarem cotas máximas do plano de água lagunar semelhantes, a barra de maré pode permanecer activa por alguns meses.

**Figura VI.1-2** - Cotas do plano de água lagunar antes da abertura versus nº de dias de barra activa na Lagoa de Melides: A - com todos os dados existentes (aberturas e reaberturas); B - apenas com as situações referentes a primeiras aberturas de cada ano.

No que diz respeito à frequência de intercâmbio entre a laguna de Melides e o oceano, quando comparada com a da laguna de Santo André, os registos históricos, indicam uma maior frequência na de Melides, que se mantém nos tempos actuais (**Tabela VI.1-1**). No entanto, se tivermos em conta não a frequência do processo mas o tempo de permanência de contacto laguna/mar (barra activa) verifica-se o inverso; na última década, em Melides, o período é sempre inferior ao observado em Santo André. No entanto, no passado não muito longínquo, a barra de maré de Melides permaneceria certamente mais tempo activa, constituindo um porto de abrigo para embarcações em circulação no litoral a sul de Lisboa, entre Tróia e o Cabo Sardão, posicionando-se estrategicamente entre outras duas zonas importantes de abrigo natural (o estuário do Sado e a enseada de Sines). Efectivamente, existe documentação (escrita, icnográfica e cartográfica) que parece confirmar esta hipótese.

Em documento com data provável de 1254 (TAVARES, 2004 - **Tabela VI.1-1**) é referido o porto de Santiago do Cacém, encontrando-se numa lista de portos fluviais que comunicavam com o mar, considerando a autora que se trataria da Lagoa de Santo André.

Se tivermos em conta que a urbe de Santiago do Cacém se localiza no interior, para nascente da planície litoral no cimo das “Serras Litorais” (uma das unidades geomorfológicas da região) (**Figura VI.1-3**), este aglomerado populacional, importante já desde a época romana (cidade de Miróbriga), deveria ter certamente, uma via de comunicação com o mar, sendo o porto de Sines a zona costeira mais próxima que melhores condições morfológicas e dinâmicas apresentava na época (dimensão, profundidade, fundos, orientação), e não a Lagoa de Santo André como sugere a autora, afirmando-a como porto fluvial. BLOT (2003) no seu valioso trabalho sobre “Os portos na origem dos centros urbanos. Contributo para a arqueologia das cidades marítimas e flúvio-marítimas em Portugal”, expressa também a opinião que a baía de Sines funcionaria como zona portuária para a cidade de Santiago do Cacém. Pelo exposto, não se concorda com a opinião de TAVARES (2004) ao afirmar que a Lagoa de Santo André seria o local onde desaguaria essa linha de água, que funcionaria na sua zona terminal como porto fluvial. Efectivamente, na costa entre Tróia e Sines, pensa-se que a Lagoa de Melides, embora com área inundada de menores dimensões, comparativamente com a Lagoa de Santo André apresentasse uma maior frequência de abertura ao mar e melhores condições de navegabilidade da barra de maré, situação que é sugerida em numerosos documentos históricos (CRUCES, 2001) - **Tabela VI.1-1**.

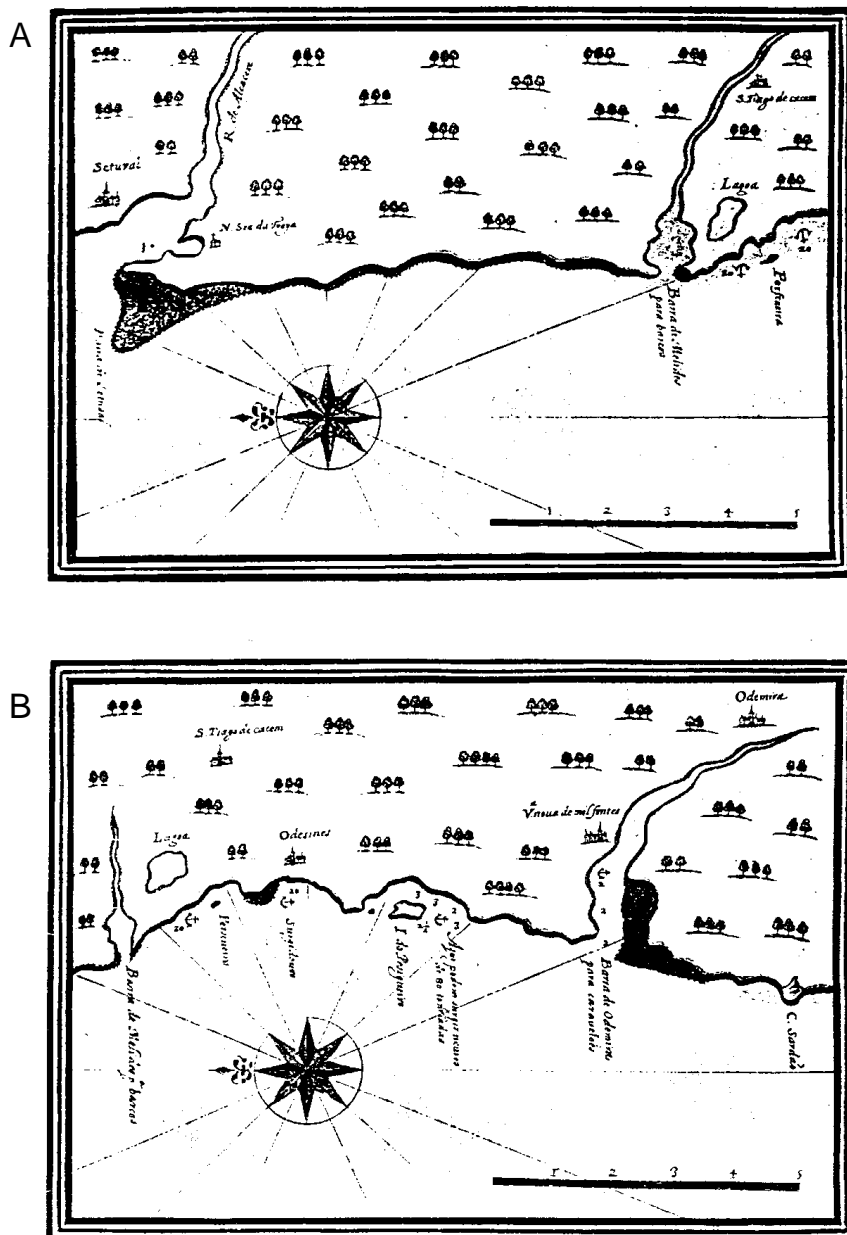


**Figura VI.1-3** - Estampa de 1634 de João Teixeira Albernaz na obra “El Atlas del Rey Planeta” sobre Portos de Portugal (retirado de PEREDA & MARIAS, 2003).

Vários mapas cartográficos antigos e documentos icnográficos sugerem esta hipótese. Neles a Lagoa de Melides é representada em conexão com o oceano e referida como “*Barra de Melides para Barcos*” (Figura VI.1-3, VI.1-4). No século XVII esta constituiria um porto fluvial (mesmo que temporário) com condições naturais para abrigo náutico com importância suficiente para assim ser representado nos mapas da época (Figuras VI.1-3, VI.1-4). Este troço litoral da Costa Alentejana entre Tróia e o Cabo Sardão usufruía de poucos “acidentes litorais” que funcionassem para as embarcações como locais de “escalas”, ou como zonas portuárias para escoamento de produtos e trocas comerciais (BLOT, 2003), pelo que a



pequena laguna de Melides com a sua barra seria certamente um ponto privilegiado entre Tróia-Sines. Note-se que na “Descrição dos Portos Marítimos do Reino de Portugal” de João Teixeira (1648), partindo de Tróia para sul o primeiro ponto de abrigo era a pequena Barra de Melides (**Figura VI.1-4A**), seguindo-se as reentrâncias da Perceveira, os surgidouros de Sines e da Ilha do Pessegueiro, e o abrigo da Barra de Odemira (**Figura VI.1-4B**). No entanto, a barra de Melides teria dimensões reduzidas, tal se depreendendo das descrições presentes em vários documentos dos séculos XVII, XVIII e XIX (**Tabela VI.1-1**), que a referem como um pequeno porto de mar de barra estreita e pouco profunda. Em documentos cartográficos onde aparece como “Barra de Melides para Barcos”, representa-se a Lagoa de Santo André sem conexão com o oceano, enquanto na foz do rio Mira se escreve “Barra de Odemira para Caravelas”, cuja maior navegabilidade permitiria o acesso até ao porto fluvial de Odemira.



**Figura VI.1-4** - Estampas de 1648 de João Teixeira I, na obra *Descrição dos Portos Marítimos do Reino de Portugal* (retirada de QUELLE, 1953): A - 11ª carta da obra; B - 12ª carta da obra.

### VI.1.1.1.2 Sistema Lagunar

#### A) Batimetria

O volume da água retido na Lagoa de Melides apresenta grandes variações, dependendo principalmente da existência/ausência de uma barra de maré. No primeiro caso estão associadas reduzidas espessuras do hidrossoma, oscilando em função da amplitude da maré oceânica e da cota da base da barra de maré. No segundo, e dependendo da época do ano, podem registar-se espessuras máximas de cerca de 6m. No entanto, esta elevada espessura da coluna de água só se regista após a época pluviosa de Inverno (**Anexo A.V.2 - FOTO A.V.2-9A**) e na zona vestibular mais concretamente no canal de maré, ficando o restante espaço lagunar com profundidades mais reduzidas, como consequência das diferenças altimétricas inerentes à morfologia do fundo lagunar (ver capítulo IV - **Figura IV.1-4**).

Esta morfologia encontra-se oculta a maior parte do ano, mas após a abertura da barra de maré (que conduz à exportação de enorme volume de água para o oceano) os fundos lagunares essencialmente lodosos ficam expostos, cingindo-se a circulação de água ao pequeno canal de maré que margina a laguna a sul (**Anexo A.V.2-A.V.2-9B**). Aqui as profundidades máximas podem não exceder 0,5m, mesmo durante o preia-mar. Este elemento morfológico é o mais importante funcionando como canal de vazante mas também de enchente, posicionando-se descentrado no espaço lagunar.

#### B) CORPO AQUOSO

As características do corpo aquoso lagunar são influenciadas por diversas fontes. O meio marinho constitui uma das fontes durante os períodos de barra de maré activa, estabelecendo-se trocas através desse canal, ou em período de barra inactiva, quando se regista entrada de água salgada durante episódios de galgamento da zona deprimida da barreira (“cicatriz” do antigo canal de maré). Devem ainda ser contabilizados os processos de percolação através dos materiais detríticos da barreira arenosa (quer em barra activa ou inactiva), que embora se estime de reduzida importância, é uma troca laguna-oceano que não deve ser esquecida. Por outro lado, a afluência ao sistema lagunar das águas fluviais, de escorrência e de precipitação directa, completam as restantes fontes hídricas do corpo aquoso. Deste modo, o meio lagunar estabelece relações biunívocas com o meio marinho mas unívocas com os restantes. Pelo exposto, se depreende que é extremamente importante o conhecimento das fontes naturais afluentes à laguna mas igualmente das fontes antrópicas, que adicionadas aos fluxos naturais contribuem para as características físicas, químicas e composicionais do corpo aquoso. O mesmo se passa relativamente ao aporte sólido canalizado quer por via hídrica (aporte fluvial - Ribeira de Melides; confluência directa na laguna; percolação nas formações geológicas porosas e permeáveis), quer por via atmosférica.

De seguida, antes da análise e discussão dos resultados obtidos nas diversas campanhas do corpo aquoso, referem-se as principais actividades antrópicas identificadas na bacia hidrográfica da laguna de Melides que influenciam a qualidade da água lagunar, referindo os factores de risco para a ribeira de Melides e para o meio lagunar.

- **Extracção de inertes (areeiros)**

A exploração ilegal de areias nas imediações da várzea da Lagoa de Melides, em manchas de formações geológicas plio-quadernárias constitui uma das fontes de poluição do sistema lagunar de Melides. Esta actividade, irregular e de difícil fiscalização, é detectável pela ocorrência de desaterros de dimensões variáveis que expõem os materiais detríticos friáveis aos agentes meteorológicos, facilitando a sua meteorização e erosão.

**FACTOR DE RISCO PARA RIBEIRA E LAGUNA:**

Em consequência, esta actividade pode incrementar o volume do aporte terrígeno às linhas de água, contribuindo para o aumento dos sólidos em suspensão e acelerando o assoreamento lagunar. Em termos relativos, pode considerar-se um risco relativamente baixo.

- **Orizicultura (fertilizantes e pesticidas)**

Durante a época de Inverno e em ausência de comunicação da laguna com o mar, o aumento do volume de água armazenada na laguna de Melides provoca a inundação e consequente submersão de parte dos terrenos da várzea utilizados para cultivo de arroz. É necessário escoar as águas represadas pela barreira arenosa durante a estação pluviosa para que se iniciem os trabalhos de preparação dos terrenos. Como já foi referido, o escoamento é efectuado através de uma barra de maré aberta artificialmente no cordão arenoso com o auxílio de maquinaria pesada (ex: retroescavadoras, giratórias), entre Março e Abril de cada ano, privilegiando as condições associadas ao equinócio primaveril.

De acordo com informação do Sr. Joaquim Cháinho<sup>6</sup>, dos 12 orizicultores das várzeas de Melides registados, apenas metade aderiu, entre 2004 e 2008, ao Sistema de Protecção Integrada (SPI), o qual fornece apoio técnico e os orienta na utilização de fertilizantes com reduzida capacidade de degradação, diminuindo os riscos de exportação e consequente eutrofização do ambiente lagunar por excesso de nutrientes. O regime SPI promove a implementação de “boas práticas agrícolas” e implica o cumprimento de determinadas normas:

- Preparo dos terrenos com mobilização mínima (<20cm);
- Utilização de adubos não solúveis;
- Uso de pesticidas devidamente homologados pela Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), e unicamente em condições excepcionais para resolver os problemas mais comuns como as pragas de moscas, piolhos, lagartas e lagostins (os últimos fragilizam os diques de retenção dos canteiros).

---

<sup>6</sup> Orizicultor em Melides desde há 20 anos (já o seu pai também desenvolvia a mesma actividade neste local). É um dos 6 orizicultores que aderiu ao Sistema de Protecção Integrada, desde 2004.

Após o escoamento de água e com os campos a descoberto, os orizicultores iniciam o tratamento dos solos (150 ha destinados à cultura do arroz), gradando-os<sup>7</sup> e procedendo de seguida ao nivelamento<sup>8</sup> dos canteiros. Os solos ficam assim preparados para se proceder à “adubação de fundo” com recurso a adubos compostos de azoto, fósforo e potássio (N:P:K) utilizados desde os finais da década de 70 do século XX. Os fertilizantes compostos que têm sido utilizados na “adubação de fundo”, têm composição de 20:20:0 (utilização anual) e 15:15:15 (utilizado apenas de 5 em 5 anos).

Em Abril encerram-se as valas e, desviando o caudal da ribeira de Melides, procede-se à inundação dos canteiros até meados de Maio. É durante este período, com os canteiros inundados e selados e os diques reforçados, que se semeia o arroz. A partir daí, as águas fluviais são de novo encaminhadas para a laguna. Após a sementeira, os canteiros vão secando naturalmente e entre Maio e Junho, com os canteiros já secos, procede-se à pulverização com herbicidas (“monda líquida” - utilização de produtos fitofarmacêuticos para controlo de pragas e protecção das culturas, procedimento que segundo os orizicultores, é efectuado nesta região há mais de 30 anos). Os orizicultores que aderiram ao SPI utilizam alguns dos produtos homologados pela DGADR (**Tabela VI.1-3**), desconhecendo-se os utilizados pelos restantes produtores.

Cerca de 2 dias após a aplicação dos herbicidas procede-se a nova inundação dos canteiros, no mês de Junho, à qual se segue uma segunda fertilização - “adubação de cobertura”, utilizando-se fertilizantes elementares, exclusivamente azotados: a Ureia (46:0:0) ou o Sulfazoto (30:0:0) dependendo do desenvolvimento da planta do arroz.

No início de Setembro, escoam-se os campos para secagem dos terrenos, procedendo-se à colheita. Actualmente, os 12 orizicultores registados da várzea da laguna de Melides são responsáveis pela produção de 1050 ton, o que corresponde a cerca de 7000 kg/ha, encaminhando-se a maior parte da produção para 3 fábricas de descasque em Alcácer do Sal (Cecílio, S.A.), Figueira da Foz (Ernesto Morgado) e Oliveira de Azeméis (Valente Marques). Nos tempos áureos da produção de arroz, entre 1965-75, eram utilizados mais 30ha de terrenos, hoje abandonados por constituírem locais de difícil acesso à maquinaria utilizada.

Da lista de fitofarmacêuticos (pesticidas) constantes da **Tabela VI.1-3**, os mais utilizados na várzea de Melides para controlo da vegetação indesejada (“monda líquida”) são os que contêm a substância activa MCPA e o Propanil, sendo por vezes substituídos pelo azimsulfurão ou pelo bensulfurão-metilo. Esporadicamente, para manter limpas as valas, os muros dos canteiros e as ribeiras, é utilizado o Glifosato.

Por vezes, antes de se proceder à colheita, pode ser necessária a aplicação de um fungicida cujo princípio activo é o triciclasol (**Tabela VI.1-3**), para controlo da Piriculariose do arroz (fungo - *Piricularia oryzae*).

<sup>7</sup> Processamento mecânico de mistura da camada superficial do solo para que a terra anteriormente submersa e consequentemente saturada fique arejada e desagregada.

<sup>8</sup> Processo de nivelamento altimétrico dos canteiros com auxílio de tractores equipados com rodos e aparelho laser.

**Tabela VI.1-3 - Produtos fitofarmacêuticos utilizados pelos orizicultores das várzeas da laguna de Melides aderentes ao Sistema de Protecção Integrada, agrupados de acordo com a actividade biológica (grupo alvo), a substância activa, os nomes comerciais e o grupo químico.**

Substância activa	Nome comercial (produtos comercializados que contêm a substância activa)	Grupo
<b>HERBICIDA</b>		
Azimsulfurão	GULLIVER	
Bensulfurão-metilo	NOMINEE	
Glifosato (sal de isopropilamónio)	ASTERÓIDE; ASTERÓIDE SUPREME; BUGGY (APV 2523); BUGGY (APV 69); COSMIC; GLIFOS; GLIFOS ACCELERATOR; GLIFOSATO SAPEC; GLIFOSATO SELECTIS; GLYPHOGAN 480 SL; HERBOLEX; LOGRADO; MARQUI; MONTANA; NUFOSATE; PITON; PITON VERDE; PREMIER; RAUDO; RONAGRO (APV 2254); RONAGRO (APV 60); RUMBO VALLÉS; ROUNDUP (APV 3361); ROUNDUP (APV 70); ROUNDUP SUPRA; ROUNDUP ULTRA (APV 0038); TOMCATO (APV 2974); TOMCATO (APV 63).	
Glifosato (sal de amónio)	BUGGY 360 SG (APV 3288); BUGGY 360 SG (APV 58); ROUNDUP FORTE TOUCHDOWN PREMIUM; TORNADO	
MCPA (ésteres)	AGROCID; DICOPUR ÉSTER M; PRINTORMONA; MCPA (ÉSTER) ORMENTAL	ORGANOCOLORADO (ácido clorofexóxido)
MCPA (sal de potássio)	AXIAL; HERBINEXA 40 K HERBITAL; HERBOFITAL 40; MESTRE K; K40	ORGANOCOLORADO (ácido clorofexóxido)
Molinato	ORDRAM	
Propanil	BRIOSO MAKHTESHIM; P-360 NUFARM; STAM F-34 DOW; RIZOMONDA 36; SURCOPUR; ORIZERBA SAPEC  ORYZA SUPRA WG; STAM ULTRA D; SURCOPUR WG  CEDRO; STAM MOVEF FLO 480; ORYZA 480 FLOW; ORYZA FL	
Quincloraque*	FACET SC (5)	
<b>FUNGICIDA</b>		
Triciclasol	BIM	

\* Produto em esgotamento de existências.

### **FACTOR DE RISCO PARA RIBEIRA E LAGUNA:**

A utilização de fertilizantes inorgânicos (adubos) e de fitofármacos de síntese na cultura do arroz, constitui um factor de risco/perigosidade que pode produzir efeitos negativos na ribeira de Melides e num sistema lagunar eutrófico como é a Lagoa de Melides. A utilização excessiva de fertilizantes (sobredosagem) e pesticidas (herbicidas, fungicidas) persistentes (degradação lenta) constitui um comportamento de risco que a DGADR tentou minimizar com a sensibilização dos orizicultores e posterior adesão de alguns ao SPI.

Segundo o calendário das actividades de orizicultura, é no mês de Setembro, quando se efectua o escoamento dos canteiros para secagem dos terrenos, antecedendo a época de colheita, que se transfere um determinado volume de água (não estimado) contendo nutrientes e pesticidas para a ribeira e posteriormente para a laguna. As concentrações de compostos azotados (amónia, nitritos, nitratos),

fosfatados e de compostos orgânicos sintéticos nas águas provenientes dos canteiros será tanto maior quanto mais desajustada for a sua aplicação face às necessidades reais dos solos. Os nutrientes podem posteriormente ser incorporados nos sedimentos lagunares e ficam, assim, disponíveis para reciclagem interna, potenciada principalmente durante episódios de anóxia junto ao fundo, quando se inicia a transferência de amónia ( $\text{NH}_4^+$ ) dos sedimentos para a coluna de água. A reciclagem interna de nutrientes em épocas de estratificação da coluna de água, pode conduzir a períodos nos quais a abundância de nutrientes associada a elevadas temperaturas pode gerar condições óptimas para a ocorrência de blooms de algas. Por outro lado, a presença de pesticidas, se em concentrações elevadas, pode ser prejudicial para a flora e fauna aquática e, uma vez entrados na cadeia alimentar, conduzir a fenómenos de bioacumulação.

A utilização de máquinas agrícolas mecânicas pode ser responsável pela introdução de óleos, gorduras e hidrocarbonetos nos solos de cultura de arroz.

- **Actividades pecuárias (suinicultura, bovinicultura)**

A exploração pecuária na área da bacia hidrográfica da Lagoa de Melides é reduzida, estando identificadas 2 suiniculturas, 4 boviniculturas e 6 oviniculturas - **Tabela VI.1-4** (ALEGRE, 2006). Segundo este autor, o regime de actividade é principalmente extensivo e semi-intensivo, sendo os efluentes espalhados nos solos. O número de efectivos de cada exploração é reduzido, o que inviabiliza economicamente qualquer solução de tratamento individualizada de cada exploração (EILM, 2005).

As explorações mais próximas da várzea da laguna são 2 boviniculturas (Vale do Poço e Moinho do Meio) e uma suinicultura (Aderneira), todas posicionadas nas proximidades de linhas de água afluentes da margem esquerda da ribeira de Melides. Estas instalam-se em terrenos arenosos, permeáveis, plio-aternários, favorecendo a infiltração e possível contaminação das águas subterrâneas. A proximidade destas explorações à várzea da laguna de Melides favorecerá a contaminação dos solos aluvionares e das águas superficiais.

As restantes explorações encontram-se mais afastadas para nascente, ficando a maior parte delas já na zona da Serra de Grândola, em terrenos maioritariamente compostos por quartzitos, filitos, siltitos e turbiditos (grauvaques, pelitos e conglomerados). Estes terrenos apresentam uma natureza mais compacta e menos permeável, potencialmente reduzindo o risco de infiltração e contaminação das águas subterrâneas. Deste modo, assiste-se ao incremento da escorrência superficial e a proximidade destas explorações a linhas de água aumenta o risco de exportação dos poluentes, principalmente orgânicos. No entanto, o afastamento destas explorações relativamente à laguna de Melides, diminui a probabilidade de contaminação desta.



**Tabela VI.1-4** - Localização das principais explorações pecuárias existentes na área da bacia hidrográfica da Lagoa de Melides, com o nº de efectivos, o tipo de exploração e o destino final dos efluentes produzidos (ALEGRE, 2006).

Localização	Nº de animais	Tipologia de exploração	Destino dos efluentes
<b>SUINICULTURA</b>			
Aderneira	50	Intensiva	Descarga no solo
Brejo da Silha	16	Intensiva	Descarga no solo
<b>BOVINICULTURA</b>			
Vale do Poço	39	Semi-intensiva	Descarga no solo
Moinho do Meio	35	Intensiva	Descarga no solo
Poças de Água	20	Semi-intensiva	Descarga no solo
Poças de Água	35	Intensiva	Descarga no solo
<b>OVINICULTURA</b>			
Monte da Chaminé	60	Extensiva	Descarga no solo
Marrã de Cima	70	Extensiva	Descarga no solo
Minas	180	Extensiva	Descarga no solo
Nascedios	170	Extensiva	Descarga no solo
Capitã	70	Extensiva	Descarga no solo
Samoucal	50	Extensiva	Descarga no solo

**FACTOR DE RISCO PARA RIBEIRA E LAGUNA:**

A actividade pecuária, ao injectar estrumes<sup>9</sup> e chorumes<sup>10</sup> em linhas de água, promove o aumento de matéria orgânica na rede fluvial, podendo transformá-la num veículo de propagação de organismos patogénicos e de nutrientes.

Por sua vez, o aumento de material orgânico em suspensão pode induzir a diminuição do teor de oxigénio dissolvido na água das ribeiras, nas imediações do ponto de descarga, efeito que tende a diminuir para jusante. A entrada de nutrientes no meio lagunar pode, por seu lado, conduzir a fenómenos de eutrofização. Os nutrientes podem permanecer na coluna de água ou depositar-se no fundo da laguna juntamente com material particulado (matéria orgânica, siltes e argilas). No entanto, em épocas de reduzida espessura da coluna água nos quais se registre estratificação e anóxia junto ao fundo, estes nutrientes podem rapidamente ser transferidos do sedimento para a coluna de água (reciclagem interna) ficando disponíveis para as comunidades fitoplantónicas. Se associarmos a esta enorme disponibilidade temporária de nutrientes, temperatura atmosférica elevada, reunimos as condições ideais para a ocorrência de *blooms* de algas, com consequências, por vezes bastantes dramáticas, para as comunidades faunísticas.

<sup>9</sup> Conjunto de dejectos sólidos e líquidos misturados com restos de alimentos e materiais de origem vegetal utilizados na cama dos animais (VARENNES, 2003).

<sup>10</sup> Estrumes juntamente com água proveniente da lavagem dos recintos dos animais estabulados (gado bovino e suínos) (VARENNES, 2003).

Para além da transferência de nutrientes, o despejo de materiais fecais pode colocar nas linhas de água quantidade substancial de organismos patogénicos, difíceis de detectar. A presença de organismos patogénicos é inferida através dos teores de Coliformes fecais e *Streptococos* fecais, dois grupos de bactérias presentes no intestino de animais de sangue quente, que são excretadas juntamente com outros materiais. A monitorização destes parâmetros reveste-se de extrema importância, pois os organismos patogénicos são responsáveis pela propagação de numerosas doenças, podendo a sua presença nas águas constituir risco para a saúde humana.

- **ETAR's**

- ETAR de Melides**

A ETAR de Melides, situada a SW da povoação com o mesmo nome, foi construída em 1981, entrando em funcionamento em 1983<sup>11</sup>. Estruturada para o tratamento secundário de águas residuais urbanas provenientes da Vila de Melides, tem como horizonte de projecto (capacidade máxima) 1500 habitantes, o que corresponderá a um caudal máximo de 128m<sup>3</sup>/dia. No 1º ano de funcionamento tratou as águas residuais de 600 habitantes mas actualmente serve uma população de 771 habitantes. Esta ETAR colecta igualmente águas residuais provenientes do Parque de Campismo da Galé e de um número indeterminado de fossas sépticas particulares que recorrem aos serviços camarários para limpeza das mesmas.

A descarga dos efluentes tratados é depois efectuada na ribeira de Melides, não existindo medições do caudal debitado nesta via fluvial.

- ETAR de Vale Figueira**

A ETAR de Vale Figueira, localizada junto à localidade com o mesmo nome, a SE da Lagoa de Melides, foi construída em 2007 e entrou em funcionamento no final desse ano, encontrando-se actualmente a metade da capacidade total. Concebida para o tratamento secundário de águas residuais urbanas, com um horizonte de projecto máximo para 400 habitantes, serve actualmente cerca de 150 habitantes da Aldeia de Vale Figueira, dos quais aproximadamente 70 já se encontram ligados ao colector<sup>6</sup>.

Não existem até ao momento medições sobre o volume despejado desta ETAR para a linha de água, afluente esquerdo da ribeira de Melides, que conflui na várzea na região de Moinho do Meio.

### **FACTOR DE RISCO PARA RIBEIRA E LAGUNA:**

As águas residuais tratadas nas ETAR's são depois lançadas na ribeira/várzea de Melides adicionando-se ao caudal natural da rede hidrográfica. A jusante, dependendo da altura do ano, estas águas ou são desviadas para os solos agrícolas das várzeas (aquando da inundação dos canteiros de arroz)

<sup>11</sup> Informação fornecida pela Eng. Alvarina Pinto, da Câmara Municipal de Grândola, Divisão de Serviços Urbanos e Ambiente.

ou acabam por afluir ao espaço lagunar de Melides. Quer num caso quer noutro, todas as substâncias potencialmente prejudiciais não removidas durante o tratamento secundário das águas residuais, são transferidas para os solos ou para as águas lagunares, podendo, em último caso, ficar retidas nos sedimentos de fundo.

Episódios ocasionais ligados ao regime, por vezes torrencial, das descargas da ribeira de Melides, podem colocar a ETAR em perigo. Foi o que aconteceu com a ETAR de Melides em Novembro de 2006. Após o mês de Outubro com precipitação anormalmente elevada (241,5mm na estação meteorológica de Monte Velho), o mês de Novembro foi igualmente chuvoso e incluiu um episódio de precipitação intensa e concentrada: entre os dias 15 e 16, registaram-se 75,6mm. Este evento conduziu ao aumento substancial do caudal hídrico fluvial que transbordou o leito da ribeira, produzindo consequentemente incremento do caudal sólido. A forte torrente invadiu os tanques de decantação e desidratação das lamas da ETAR, danificando-os (roturas nas paredes laterais), permitindo que as águas represadas, carregadas de lamas em tratamento, saíssem directamente para o leito da ribeira. O transbordo da ribeira de Melides afectou igualmente a nascente da Fonte dos Olhos, onde existe uma captação para abastecimento público (SW da povoação), que permaneceu imprópria para consumo humano durante vários meses.

- **Outras fontes**

Todas as residências particulares, estabelecimentos comerciais, agrícolas, industriais e mesmo o Parque de Campismo de Melides, localizados nas imediações da laguna e das suas várzeas (nomeadamente toda a região para poente da Vila de Melides até à Praia do mesmo nome), não possuem um sistema de saneamento básico colectivo (não estão conectados a ETAR's). Face à inexistência desta ligação, as águas residuais são recolhidas em unidades de tratamento primário como as Fossas Sépticas.

Segundo informação dos técnicos da CCDR-Alentejo, a maior parte destas fossas não são estanques, estando construídas nas rochas detríticas permeáveis da região (formações plio-quadernárias), constituindo pontos eventuais de descarga no sistema lagunar por percolação em meios geológicos porosos/permeáveis.

Está já em fase de concurso o projecto de construção de uma nova ETAR (3ª da região), a edificar nos terrenos do Parque de Campismo de Melides, que irá colectar águas do Parque e das residências próximas da estrada que liga a povoação à Praia de Melides (N1077). Foi projectada para efectuar o tratamento de águas residuais de 5000 habitantes. Estima-se que a sua construção esteja concluída em breve.

Na área da bacia hidrográfica, foram identificadas três oficinas auto e uma bomba de gasolina (ALEGRE, 2006).

### **FACTOR DE RISCO PARA RIBEIRA E LAGUNA:**

A composição das águas dos efluentes urbanos é extremamente complexa, dado o número de fontes contributivas, sendo conveniente conhecer as características físico-químicas e microbiológicas desses efluentes para se avaliar o impacto no corpo de água lagunar.

As oficinas auto e a bomba de gasolina podem ser responsáveis pela introdução de óleos, gorduras, hidrocarbonetos e alguns metais pesados.

Todas as fontes antrópicas anteriormente citadas, afluentes ao sistema fluvial e lagunar, constituem fontes não quantificadas.

A **Tabela VI.1-5** lista todos os trabalhos que se conhecem até à data, referentes à medição de parâmetros físico-químicos-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais. As campanhas efectuadas durante o presente estudo a 18/11/2000 (campanha G), a 26/6/2003 (campanha H) e a 27/3/2006 (campanha I) foram todas realizadas em situação de ausência de barra de maré (**Anexo I, Tabelas A.I.2-1, A.I.2-2 e A.I.2-3**). As profundidades máximas registadas no canal principal de enchente (estação 2), foram de 3,60m, 2,50m e 5,45m, respectivamente, indicando uma redução possivelmente de cerca de 3m da espessura do corpo aquoso entre o final da época pluviosa, imediatamente antes da abertura artificial da barra de maré (Campanha I) e a época estival (campanha H).

Em situação de ausência de barra de maré, a ocorrência de baixas profundidades quando associada a condições de vento favoráveis (ex: ventos fortes) podem promover completa homogeneização da coluna de água inibindo a estratificação. No entanto, nas duas primeiras campanhas era visível estratificação, surpreendentemente, ao contrário da última, onde se registaram as maiores profundidades, pelo que nos dias antecedentes à sua realização se devem ter registado ventos suficientemente fortes para promover a homogeneização de mais de 5m de coluna de água. A seguir resumem-se as características observadas nas 3 campanhas:

**Tabela VI.1-5 - Datas referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.**

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiinho orizicultor da várzea da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" de 16/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005.B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

Ano	Campanha	Data	Presença / Ausência de barra de maré	antes da próxima abertura	depois do encerramento	Dias	n.º estações	Parâmetros analisados																									Profundidade das amostras	Autor																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1969	-		17-03-1969	presença	-	-	1	1	1	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

a) As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente; b) Informação oral de Dário Cardoso (Quercus Litoral Alentejano); c) Informação oral de Joaquim Pinheiro (Lagoa de Melides); d) Informação oral de João Paulo Pinheiro (Lagoa de Melides); e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" - consultado a 7/7/2003; f) CCDDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) Informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDDR, Alentejo; j) CCDDR, Alentejo; k) Informação oral de Ana Paula (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

[illegible]



**Tabela VI.1-5 (continuação) - Datas referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.**

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiinho orizicultor da várzea da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" de 16/7/2003; f) CCDD, Alentejo; g) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDD, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDD, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005.B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

Ano	Campanha	Data	Presença/Ausência de barra de maré	Dias		Parâmetros analisados		Profundidade das amostras	Autor																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				antes da próxima abertura	depois do encerramento	Infestações																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2000	A	23-24/07/2000	ausência	58	?	?	Mar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

**Tabela VI.1-5 (continuação) - Dados referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.**

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardoso (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiño orizcultor da várzea da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na laguna de Melides" de 16/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005.B. - "Laguna de Melides - Peixes mortos"; k) informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Laguna de Melides).

Ano	Campanha	Data	Presença/Ausência de barra de maré		Dias		n.º estações		Parâmetros analisados																							Profundidade das amostras	Autor																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					antes da próxima abertura	depois do encerramento	Mar	Barra	Laguna	Salinidade	Condutividade	Cloridade	Oxig. dissolvido	% Saturação oxig. Dissolvido	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	pH	Temperatura	Turbidez (ou por vezes MP3)	Determinantes antióticos	Nitratos	Amónia	Nazeto Kjeldahl	Fósforo total	Fósforo (ortofosfatos)	Ferro total	Ferro dissolvido	Sulfatos	Sulfatos	Sulfatos	Clorofila a	Fitoplâncton	Fitoplâncton	Compostos fenólicos/Enóis	Hidrocarbonetos totais	Coliformes fecais	Coliformes totais	Enterococos	Compostos orgânicos (Pesticidas)	CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2004	abertura - entre 25/3 e 15/4/2004 <sup>a)</sup>																		2 dias de barra activa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

**Tabela VI.1-5 (continuação) - Dados referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.**

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardoso (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiño orizcultor da várzea da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" de 16/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005.B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) Informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

Ano	Campanha	Data	Presença / Ausência de barra de maré	Dias antes da próxima abertura depois do encerramento	Parâmetros analisados		Profundidade das amostras	Autor																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2007	abertura (natural) - 2/3/2007					18 dias de barra activa												18/3/2010 - encerramento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	MEL-1	03-04-2007	ausência	11	16	Temperatura	X	X	X	pH	X	X	X	Oxigénio dissolvido	X	X	X	Oxigénio	X	X	X	Oxigénio saturado	X	X	X	Condutividade	X	X	X	Salinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X	X	X	Alcalinidade	X

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chiriluzor da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" de 16/16/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005-B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) Informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

[illegible]

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita – do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chinalho orizcultor da varzea da Lagoa de Melides; c) Informação oral de João Carlos (Quercus Litoral Alentejano); d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" consultado a 7/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 000/005-B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) informação oral de Ana Vidal (Informação Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

[illegible]

(AS áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita – do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chiriluzor da laguna de Melides; c) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" - consultado a 7/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º 00168/03BFL, 0000/005-B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) Informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

Ano	Campanha	Data	Presença/Ausência de barra de maré	Dias antes da próxima abertura	Dias depois do encerramento	Parâmetros analisados	Profundidade das amostras	Autor
2008	MEL-5	01-08-2008	ausência	186	94	Mar Barra Laguna Ribeira Salinidade Condutividade Densidade Oxig. dissolvido C.O. <sub>2</sub> % Saturação oxig. Dissolvido Oxidabilidade ao permanganato pH Temperatura Turbidez (ou por vezes MP3) Metais pesados Metais Mnitos Amónia Azoto Kjeldahl Fosforo total Fosfatos (ortofosfatos) Silicatos Sulfatos Sulfetos Clorofila a Fitoplacton Compostos fenólicos/fenóis Hidrocarbonetos totais Coliformes fecais Enterococos Compostos orgânicos (Pesticidas)	0,5-0,5m da superfície ao fundo	Ferreiras et al.
	MEL-6	28-08-2008	ausência	119	121			(2009a, 2009b)
	MEL-7	30-09-2008	ausência	126	114			
		02-02-2009	ausência	1	279			
		abertura (natural) - 03/02/2009				26 dias de barra activa		
		CCDR-23	27-03-2009	ausência	11	26		
2009	CCDR-24	06-04-2009	ausência	1	36			
		abertura (natural) - 07/04/2009				1 dia de barra activa		
	CCDR-25	19-06-2009	ausência	136	72			
	CCDR-26	03-07-2009	ausência	182	86			
	CCDR-27	10-07-2009	ausência	175	93			
		abertura (natural) - 01/01/2010				>30 dias de barra activa		
2010		abertura (natural) - 20/02/2010				? dias de barra activa		
		abertura (natural) - 07/03/2010						
	MEL-8	24-03-2010	ausência	35	-			
		antes de 24-03-2010 - encerramento						



**Tabela VI.1-5 (continuação)** - *Datas referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.*

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita – do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiñinlo orizcultor da laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides" - consultado a 16/6/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005, Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005-B. - "Lagoa de Melides - Peixes mortos"; k) Informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Lagoa de Melides).

[illegible]



**Tabela VI.1-5 (continuação) - Datas referentes à medição de parâmetros físico-químico-biológicos do corpo aquoso da laguna de Melides, efectuadas por diferentes autores em diferentes condições ambientais.**

(As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiinho Ortizcultor da várzea na Laguna de Melides; c) <http://ultimahora.publico.pt> - consultado a 7/7/2003; d) <http://www.oninet.pt> - consultado a 7/7/2003; e) Relatório INIAP-IPIMAR "Mortalidade de peixes na Laguna de Melides" de 16/7/2003; f) CCDR, Alentejo; g) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; h) Diário de Notícias, 10 Julho/2003; i) Informação oral Luis Alegre Baltazar, vigilante da CCDR, Alentejo; j) Informação nº 57 Brigada de Fiscalização do Litoral de 11 de Julho de 2005; Proc. n.º00168/03BFL, 0000/005.B. - "Laguna de Melides - Peixes mortos"; k) Informação oral de Ana Vidal (Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha); l) Informação oral de Rogério Cardoso (pescador da Laguna de Melides).

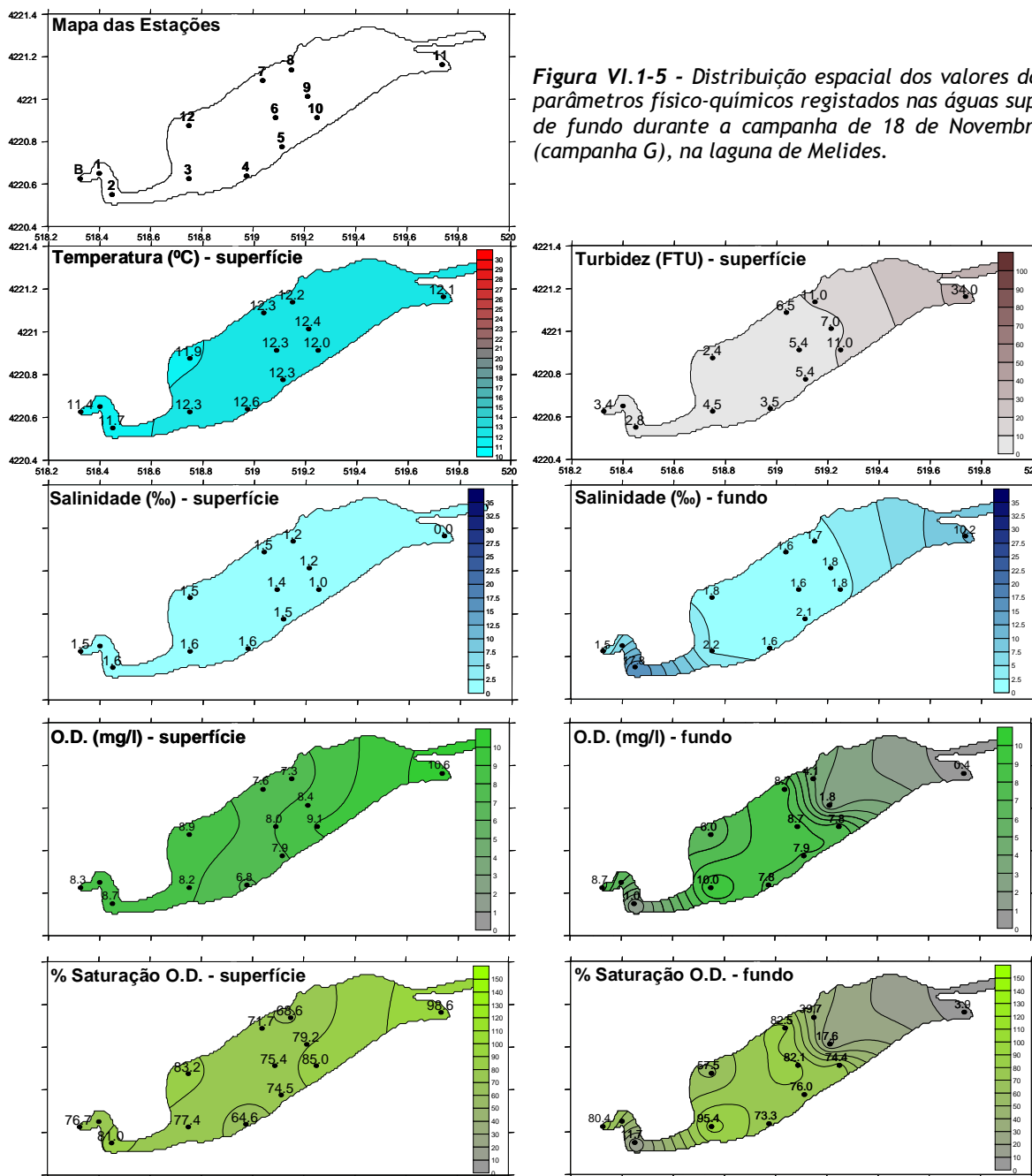
Ano	Campanha	Data	Presença/Ausência de barra de maré	Dias		Profundidade das amostras	Autor
				antes da próxima abertura	depois do encerramento		
2012	MEL-27 (ARHA)	05-04-2012	ausência	3	345	0,5-0,5m da superfície ao fundo	*relat. et al. (2010b, 2010c, 2011)
	abertura (artificial) - 05/04/2012			?	?	?	encerramento
	abertura (artificial) - 05/05/2012			3		08/05/2012	encerramento
	abertura (artificial) - 13/05/2012			3		16/05/2012	encerramento
	abertura (artificial) - 16/05/2012			2		18/05/2012	encerramento
2013	ARHA	14-06-2012	ausência	2	70	0,5-0,5m da superfície ao fundo	i)
	abertura (artificial) - 01/01/2013			<1 dia de barra activa (uma maré)		01/01/2013	encerramento
	abertura (artificial) - 21/01/2013			cerca de 45 dias de barra activa		final de fevereiro	encerramento
	abertura (artificial) - princípio de Março/2013			duas marés de barra activa		princípio de Março	encerramento
	abertura (artificial) - 24/03/2013 - pelas 10h			40 dias de barra activa		03/05/2013	encerramento
2014	abertura (natural) - 18/01/2014			?		?	encerramento
	abertura (artificial) - 15/04/2014			1 dia de barra activa		16/04/2014	encerramento
2015		05-02-2015		11			
	abertura (artificial) - 19/03/2015 - pelas 16h			5 dias de barra activa		24/03/2015	encerramento
	abertura (artificial) - 08/04/2015			<1 dia de barra activa		08/04/03/2015	encerramento
		27-04-2015		11			
		16-10-2015		11			

▪ 18 Novembro de 2000 (campanha G) - a laguna continha uma massa da água de características essencialmente oligohalinas com valores à superfície em média de 1,5 ‰, registando-se uma certa homogeneidade na sua distribuição espacial, embora com uma ligeira tendência para diminuir a montante, onde se registaram valores de 0 ‰ (**Figura VI.1-5**). Em profundidade, apenas na zona mais profunda (estação 2) e na região mais a montante (estação 11) se registou incremento deste parâmetro em profundidade, podendo afirmar-se que no primeiro caso existia a presença de um estrato superior - *epilimnion* - de água oligohalina (<2,0 ‰), muito homogêneo desde a superfície e até aos 3 m de profundidade e um estrato inferior - *hipolimnion* - de água salobra (mesohalina) nos níveis mais profundos com salinidades entre 15-18 ‰ (**Figura VI.1-6**). A transição entre o estrato superior e o inferior - *metalimnion* - encontra-se bem definida pela haloclina posicionada a 3,0-3,25 m. No entanto, na região mais a montante não se observa um verdadeiro *hipolimnion*, sob a zona de transição, atingindo-se na base do *metalimnion* 10,2 ‰. A estratificação da massa de água nas zonas mais profundas é igualmente identificada pela variação dos restantes parâmetros, observando-se a presença da termoclina e da oxiclina congruente com a haloclina anteriormente descrita.

A distribuição espacial da temperatura indica um corpo aquoso muito homogêneo com reduzida variação térmica à superfície, entre 11,4-12,6 °C (**Figura VI.1-5**), subindo 5 °C nas zonas mais profundas (**Figura VI.1-6**); esta massa de água profunda ainda não sofreu a influência dos factores climáticos responsáveis pelo arrefecimento dos níveis superficiais, mais sujeitos às modificações sazonais.

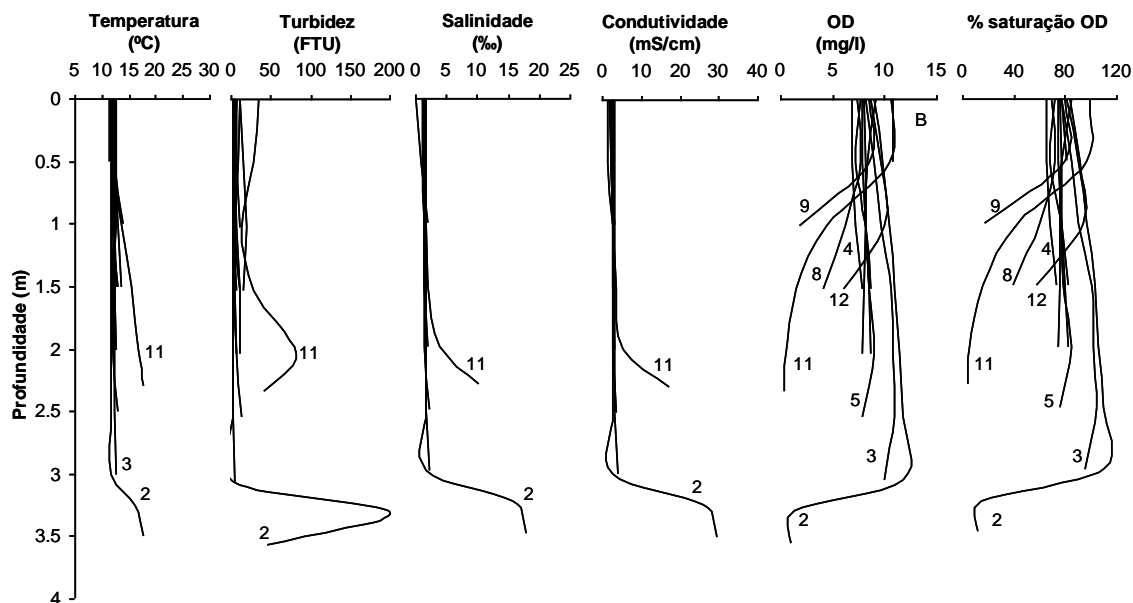
A distribuição superficial dos valores de turbidez mostra um gradiente longitudinal inverso ao verificado na salinidade e na condutividade, com os valores mais baixos na região vestibular (<5 FTU) incrementando para montante onde atinge 34 FTU. O gradiente longitudinal registado por estes parâmetros é marcado pela influência das descargas fluviais de água doce com aporte de material detrítico ao sistema.

É de salientar que a variação deste parâmetro em profundidade identifica nas zonas mais profundas um *metalimnion* de turbidez mais elevada (>200 FTU), decrescendo para o fundo até valores próximos aos observados no *epilimnion*. Note-se que, geralmente, o "pico" de turbidez ocorre quando (**Figura VI.1-6**): se regista um incremento da salinidade para valores de cerca de 16 ‰; o O.D. diminui para cerca de 1mg/l e a percentagem de saturação é de 14%. A presença deste nível de elevada turbidez, na passagem para as águas salinas do *hipolimnion* sugere a ocorrência de um processo análogo ao observado na maioria dos estuários na interface das águas doces com a cunha salina das águas oceânicas. Os rios transportam material em solução, sob a forma colóidal ou particulado. A maior parte da fracção colóidal, existente nas águas naturais, é constituída por óxidos hidratados de ferro e manganês, minerais argilosos e matéria orgânica, sendo carregadas electricamente (quase sempre negativas - PEREIRA & DUARTE, 1997), o que impede a sua estabilização devido às forças repulsivas. O contacto com águas salinas do *hipolimnion*, com grande disponibilidade de electrólitos, vai conduzir à neutralização das cargas, deixando de existir barreiras à agregação das partículas que floculam formando agregados maiores.



**Figura VI.1-5** - Distribuição espacial dos valores dos diversos parâmetros físico-químicos registados nas águas superficiais e de fundo durante a campanha de 18 de Novembro de 2000 (campanha G), na laguna de Melides.

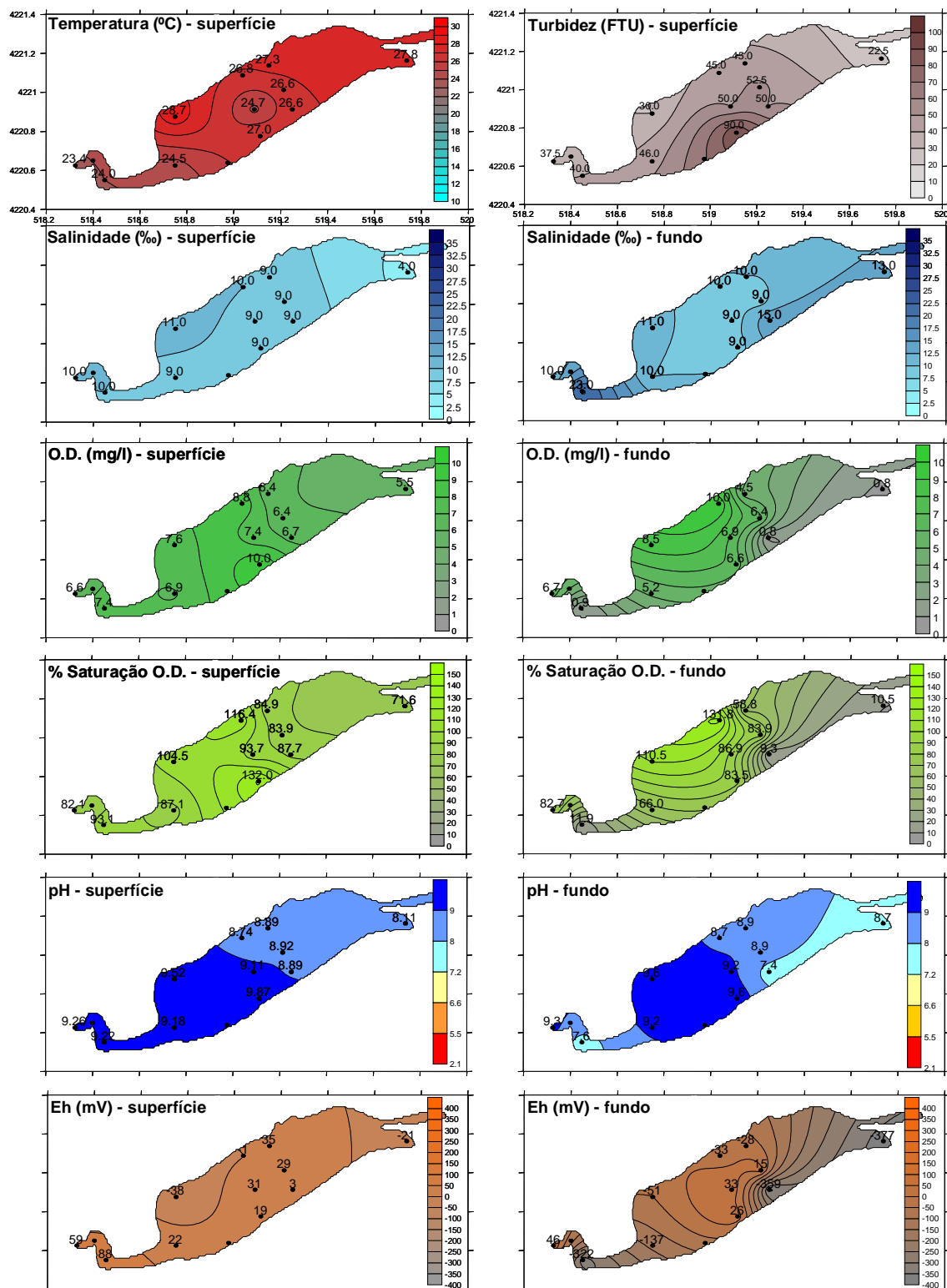
A interpretação da variação dos valores de O.D. e da percentagem de saturação do O.D. deve ter em conta que todas as medições foram efectuadas durante o dia, coincidindo com a parte do ciclo diário em que se registam maiores valores de O.D., proveniente da actividade fotossintética dos organismos. A variação dos valores destes parâmetros à superfície é pouco significativa, oscilando entre 6,8 - 10,6 mg/l e 64,6-98,6 %, respectivamente, indicando a presença de águas subsaturadas a saturadas. No entanto, em profundidade, enquanto relativamente aos restantes parâmetros, apenas as zonas mais profundas ou a região mais a montante mostravam evidências de estratificação, aqui, em metade das estações amostradas, assiste-se a diminuição do valor de O.D. e da % de saturação, junto ao fundo (**Figura VI.1-5**), caracterizando-se, esses locais, pela presença de águas subsaturadas a anóxicas (**Figura VI.1-6**).



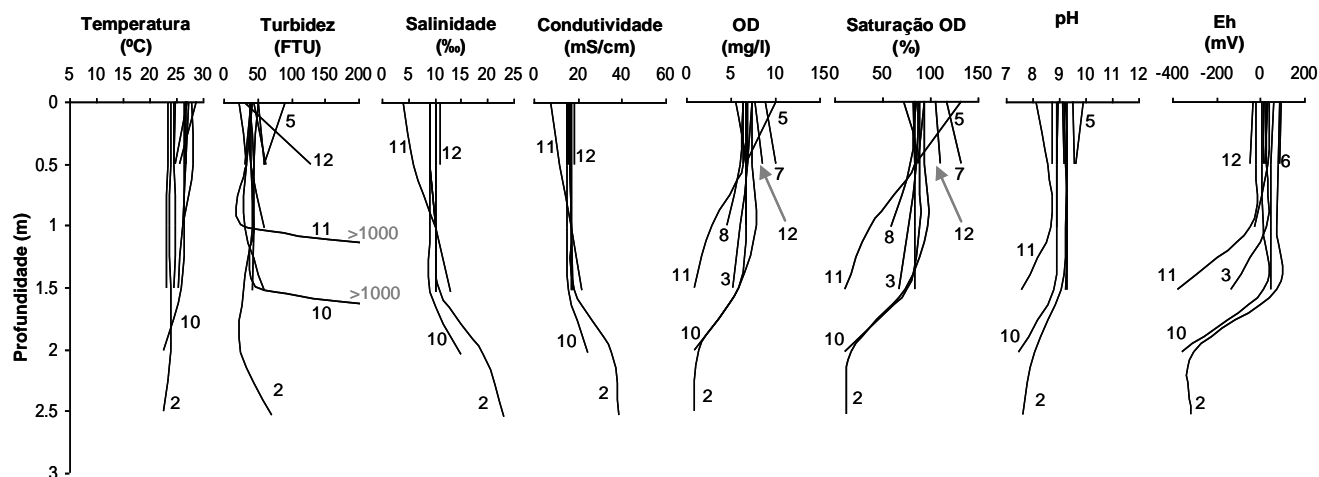
**Figura VI.1-6** - Variação vertical dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides na campanha de 18 de Novembro de 2000 (campanha G).

▪ 26 de Junho de 2003 (campanha H) - a massa de água apresentava, à superfície, características essencialmente salobras (oligo a mesohalinas - 4,0-11,0 ‰) com gradiente longitudinal decrescente para montante (**Figura VI.1-7**). Em profundidade, apenas as zonas com mais de 1,5 m de espessura de coluna de água (estação 2 e 10) e na região mais a montante (estação 11) mostravam incremento deste parâmetro em profundidade posicionando-se a haloclina, no primeiro caso, entre 1,5-2,0 m, e no segundo, entre 0,5-1,0 m, sendo o valor máximo de salinidade observado junto ao fundo de 23 ‰ (**Figuras VI.1-7 e VI.1-8**).

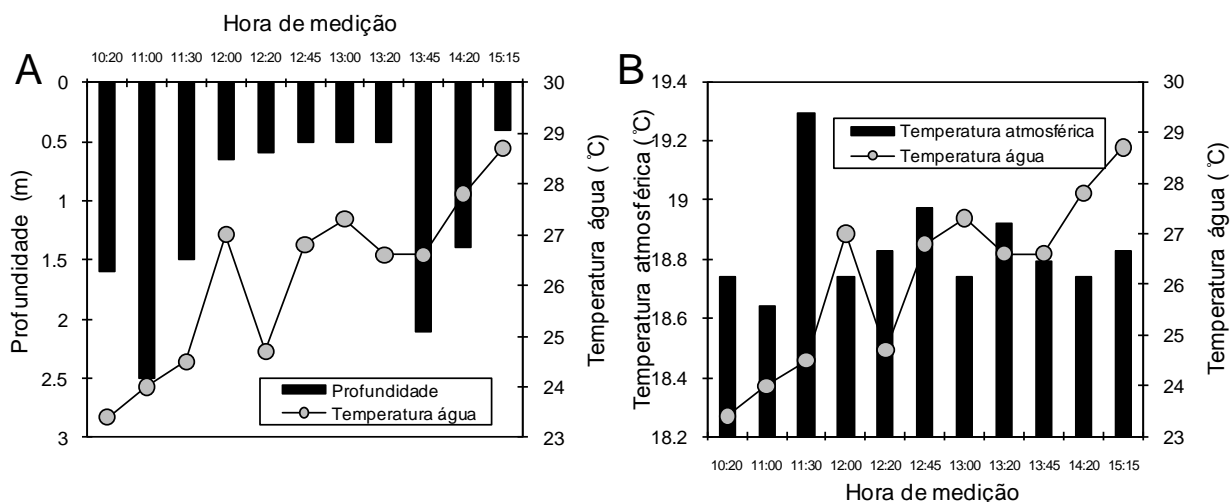
A medição dos valores de temperatura mostra um corpo aquoso bastante homogéneo, sem evidência de estratificação térmica, embora se verifiquem algumas oscilações na distribuição espacial deste parâmetro, variando os valores à superfície entre 23,4-28,7 °C, principalmente como consequência da hora a que se realizou a medição do parâmetro, espelhando sobretudo a influência do aumento da temperatura atmosférica ao longo do dia (**Figura VI.1-9A**). Note-se que embora nos locais de reduzida profundidade o aquecimento do hidrossoma possa ser mais eficiente, atingindo aí a massa de água temperaturas mais elevadas, a relação entre a evolução da temperatura atmosférica e a temperatura da massa de água lagunar mostra haver um desfasamento (retardamento) temporal de cerca de 30 minutos no aquecimento/arrefecimento da massa de água (**Figura VI.1-9B**), pelo que das condições como a temperatura, insolação (emsombramento), vento e profundidade do local, as oscilações da primeira serão preponderantes na evolução da temperatura do hidrossoma superficial.



**Figura VI.1-7** - Distribuição espacial dos valores dos diversos parâmetros físico-químicos registados nas águas superficiais e de fundo durante a campanha de 26 de Junho de 2003 (campanha H), na laguna de Melides.



**Figura VI.1-8 - Variação vertical dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides na campanha de 26 de Junho de 2003 (campanha H).**



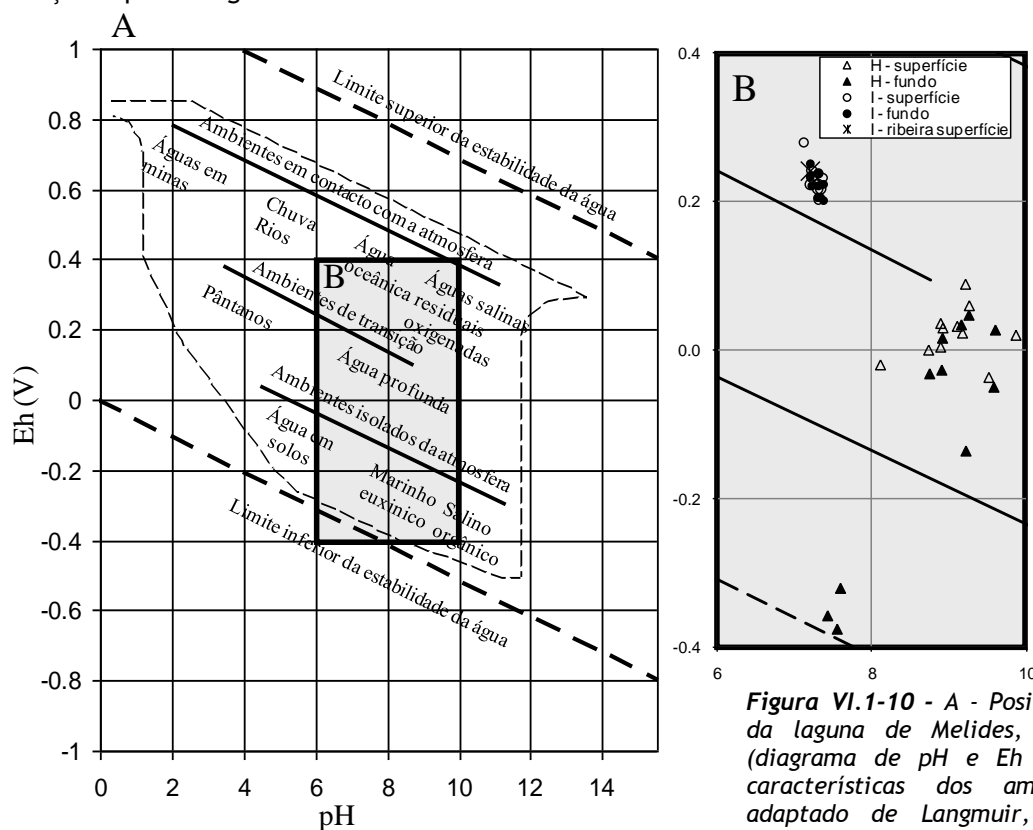
**Figura VI.1-9 - Variação da temperatura da água superficial nas estações amostradas durante o período de amostragem da campanha de 26 de Junho de 2003 na laguna de Melides comparativamente com: A - profundidade de cada estação; B - a temperatura atmosférica (estação meteorológica de Sines).**

Os valores de turbidez e a sua distribuição à superfície, oscilando entre 23-90 FTU, contrastam com a situação registada na campanha G (Inverno - <35 FTU) em que a variação deste parâmetro estava claramente dependente da proximidade ao ponto de descarga fluvial. Pelo contrário, a situação observada aqui, em Junho, identifica a região central do corpo lagunar e principalmente a zona mais próxima da margem esquerda com os valores mais elevados de turbidez. É de salientar que a distribuição espacial destes valores reflecte a dos valores de OD e da percentagem de saturação de OD, sugerindo uma interligação de fenómenos. Em consequência, os elevados valores de turbidez reflectem, não a presença de partículas detríticas de proveniência fluvial mas a biomassa (fitoplâncton) do sistema, que pela actividade fotossintética durante o período diurno devolve elevados valores de oxigénio para a zona fótica da coluna de água. Em profundidade, observa-se incremento dos valores da turbidez, nas estações 2, 10, 11 e 12 mas enquanto nas três primeiras ocorre associado à haloclina pelo que a justificação é análoga à da campanha G - floculação de colóides, na última a salinidade não sofre modificações, constatando-se

incremento simultâneo do OD e da % saturação de O.D., pelo que a maior turbidez registada junto ao fundo nesta estação, de menor profundidade, pode ficar a dever-se à presença de algas.

A variação dos valores de OD e da percentagem de saturação de OD à superfície oscilam entre 5,5-10,0 mg/l e 72-132 % (subsaturadas a sobresaturadas), respectivamente, reflectindo o padrão observado na turbidez (**Figura VI.1-7**). Estes parâmetros definem nas estações mais profundas um *epilimnion* e um *hipolimnion*, posicionando-se a oxiclina (*metalimnion*) em concordância com a haloclina e a quimioclina, atingindo-se junto ao fundo nessas situações ambientes anóxicos (**Figura VI.1-8**).

A distribuição espacial e vertical do pH e do Eh ajusta-se ao comportamento dos outros parâmetros físico-químicos. No entanto, fornecem um conjunto de novas informações, levantando igualmente uma série de questões sobre o comportamento químico da massa aquosa perante as interfaces que a confinam, nomeadamente a interface atmosfera/água e água/sedimento. À superfície os valores de pH oscilam entre 8,11-9,87 (águas alcalinas a fortemente alcalinas) estando os valores mais elevados associados à região vestibular, enquanto os de Eh variam entre -38 e 88mV (**Figura VI.1-7, VI.1-8, VI.1-10**), sem uma variação espacial digna de assinalar.



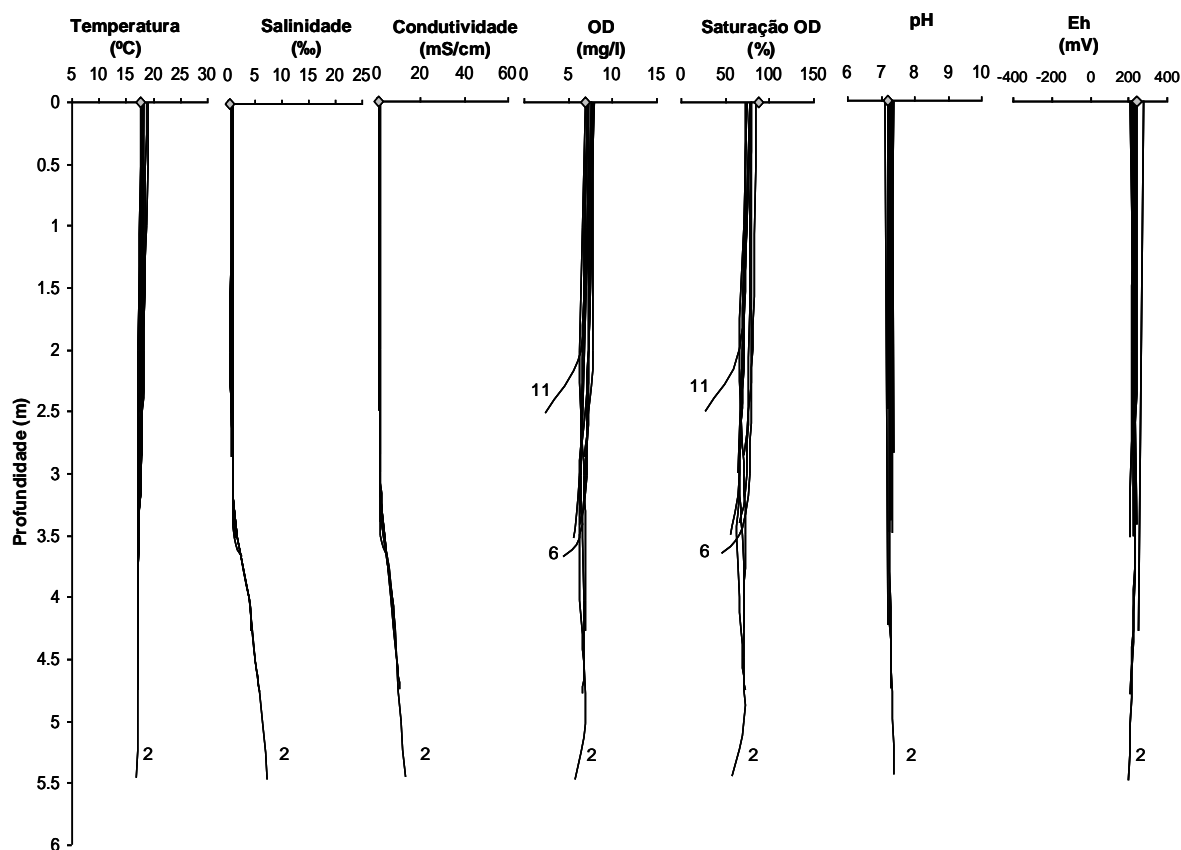
**Figura VI.1-10** - A - Posicionamento das águas da laguna de Melides, no Diagrama Eh-pH (diagrama de pH e Eh com localização das características dos ambientes naturais - adaptado de Langmuir, 1997), durante as campanhas de 26/6/2003 (campanha H) e de 27/3/2006 (campanha I); B - Posicionamento das águas superficiais e de fundo e da ribeira de Melides nas estações amostradas durante as mesmas campanhas.

A diminuição dos valores destes parâmetros, em profundidade, reflecte a passagem a ambientes anóxicos, onde a oxidação de compostos orgânicos conduz à libertação abundante de CO<sub>2</sub>, produzindo acidificação do meio e consequentemente baixando o pH; o Eh embora no estrato superior os valores indiquem um ambiente oxidado, situa-se já no campo dos valores típicos dos ambientes de transição,

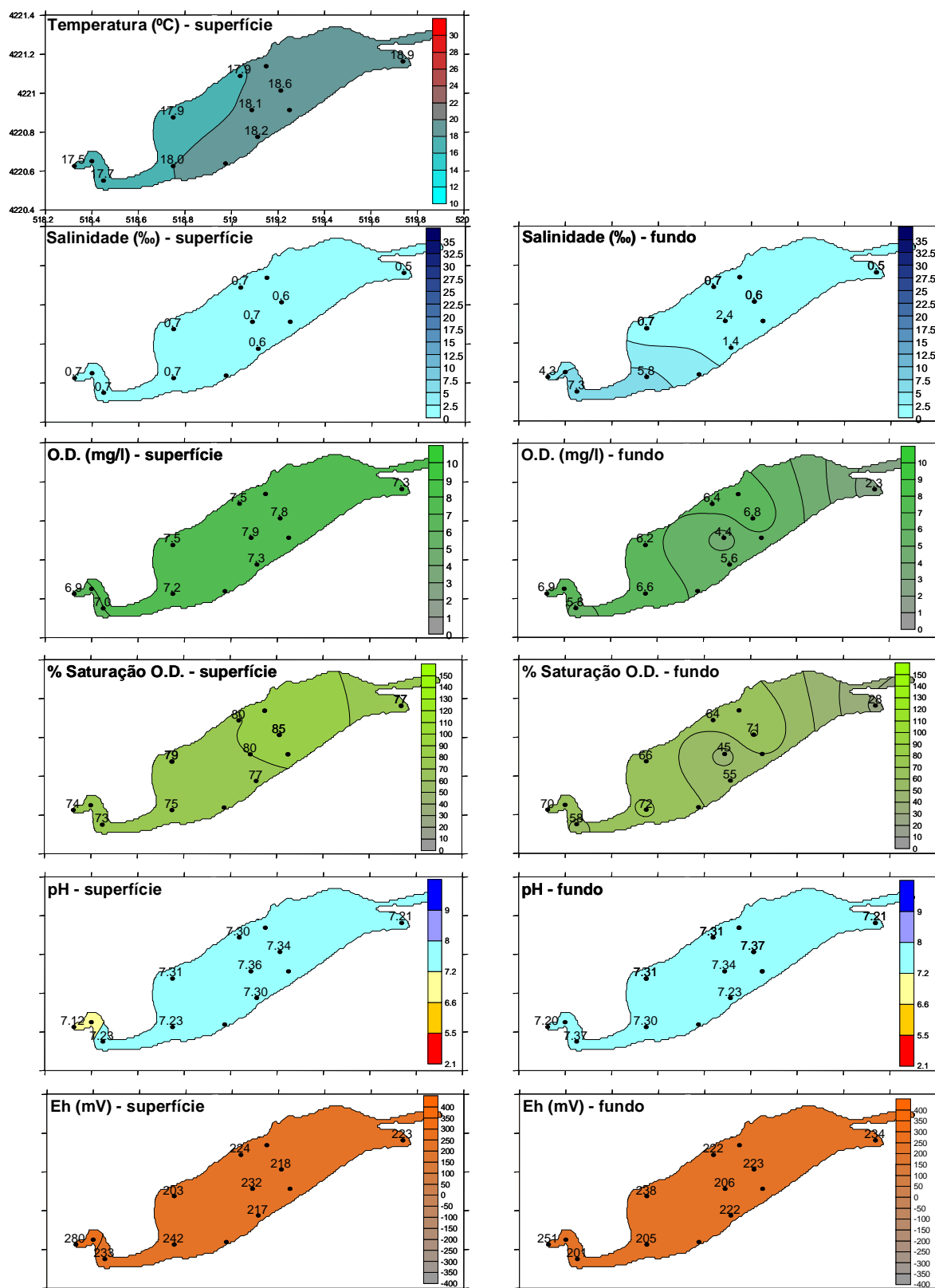


diminuindo drasticamente para o fundo onde atingem valores de -377 mV (**Figura VI.1-8**), típicos de ambientes extremamente redutores (**Figura VI.1-10**) com sedimentos ricos em matéria orgânica. As diminuições bruscas do pH e do EH no *metalimnion* coincidem com a diminuição do oxigénio dissolvido e com o aumento da salinidade e condutividade e com um nível de maior turbidez.

27 de Março de 2006 (campanha I) - a realização desta campanha decorre durante o máximo de inundação do sistema lagunar de Melides, após a estação pluviosa, pelo que corresponde à máxima espessura que o corpo aquoso pode apresentar ao longo do ano (cerca de 5,50 m - SANTOS, 1994, CRUCES, 2001 e presente trabalho), aumentando, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrer estratificação, que neste sistema é comum verificar-se quando se verificam espessuras superiores a 3 m. No entanto, os resultados obtidos evidenciam homogeneidade vertical e espacial, o que faz pressupor a ocorrência de ventos muito fortes capazes de homogeneizar mais de 5 m de coluna de água. A massa da água de características essencialmente oligohalinas (salinidade ~0,7 ‰) apresentava ligeiro incremento para profundidades superiores a 3,5 m atingindo valores mesohalinos (7,4 ‰), apenas nas estações próximas da influência do canal (**Figuras VI.1-11 e VI.1-12**) responsável pela condução e distribuição das águas oceânicas provenientes dos galgamentos da barreira arenosa (visíveis durante a realização da campanha) associados a ondas de grandes alturas.



**Figura VI.1-11** - Variação vertical dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides na campanha de 27 de Março de 2006 (campanha I). O losango cinzento (junto ao eixo do x) corresponde às características das águas superficiais da ribeira de Melides.

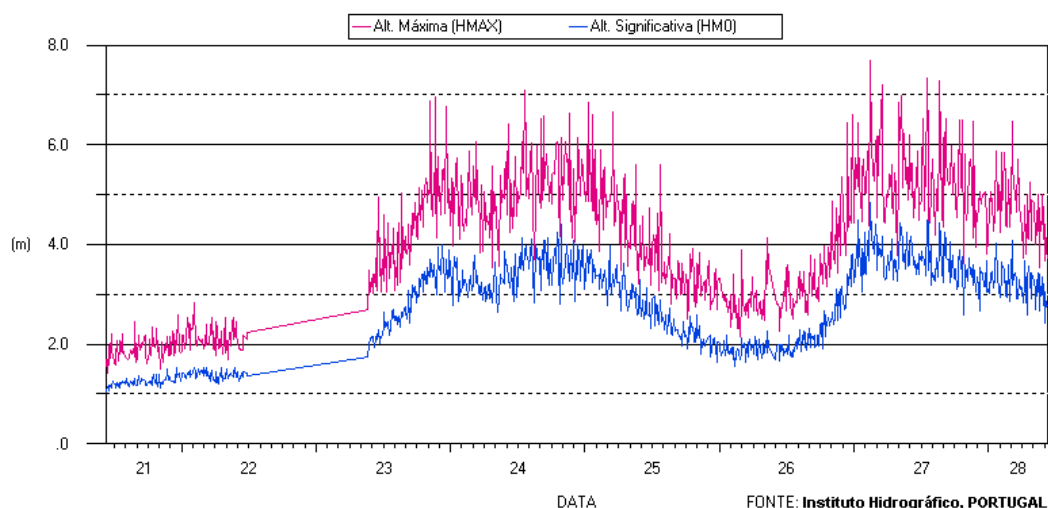


**Figura VI.1-12** - Distribuição espacial dos valores dos diversos parâmetros físico-químicos registados nas águas superficiais e de fundo durante a campanha de 27 de Março 2006 (campanha I), na laguna de Melides.

Efectivamente, segundo o registo da bóia ondógrafo de Sines, registaram-se no dia da análise ondas com altura máxima e significativa superiores a 7 e 4 m, respectivamente (**Figura VI.1-13**).

Os perfis de temperatura, com valores próximos de 18 °C à superfície, revelam diminuto decréscimo em profundidade (máximo de 1,4 °C). A totalidade da coluna de água continha oxigénio dissolvido, embora estivesse subsaturada, não se registando ambientes anóxicos próximos do fundo, factor que sugere igualmente a ocorrência de ventos fortes. A inexistência de ambiente anóxico e a entrada abundante de oxigénio na coluna de água tem repercussão positiva na qualidade da água, reflectindo-se de imediato nos valores de pH e Eh, correspondendo a águas fracamente alcalinas e oxigenadas. Compare-se no diagrama pH-Eh (**Figura VI.1-10**) a posição ocupada pelas águas nesta campanha e da anterior; aqui apresentam características típicas de ambientes em contacto com a atmosfera.

Registe-se que os valores encontrados na ribeira de Melides (**Figuras VI.1-11 e VI.1-12**) são muito semelhantes aos registados na laguna, o que sugere forte contribuição do sistema fluvial nas características hídricas lagunares nesta época.



**Figura VI.1-13** - Altura máxima e altura significativa da ondulação no registo da Bóia Ondógrafo de Sines com base em 805 observações entre 21/3/2006 (10:36) e 28/3/2006 (10:33), retirada de [7], dia 28/3/2006.

O número de campanhas efectuadas entre 2000 e 2006 (3 campanhas: G - 2000, H - 2003, I - 2006 - **Tabela VI.1-5**), no âmbito da presente dissertação, é notoriamente insuficiente para caracterizar a influência de todos os factores envolvidos na dinâmica do hidrossoma deste sistema lagunar. O estudo de um sistema lagunar com os constrangimentos apresentados pela Lagoa de Melides não deve cingir-se a campanhas esporádicas; pelo contrário deve ser sistemático e ter um intervalo temporal entre campanhas ajustado à dinâmica dos principais factores que influenciam a qualidade da água lagunar. O estudo do corpo aquoso da Lagoa de Melides foi já efectuado no passado, por outros autores, incluindo a da presente dissertação no âmbito do seu projecto de mestrado. Posteriormente, a monitorização tem sido ininterruptamente mantida todos os anos, até ao presente (2015) à custa de trabalhos do Grupo de Processos Costeiros onde a autora se encontra inserida e desde 2006 efectuou mais de 60 campanhas de

campo (**Tabela VI.1-5**). Deste modo, todos os resultados obtidos permitem afirmar que a dinâmica do corpo aquoso é fortemente controlada pelas condições meteorológicas (temperatura e precipitação), pela presença/ausência de uma barra de maré (activa durante o equinócio primaveril, geralmente menos de uma semana) e por um sistema fluvial com aportes temporários (na época estival o caudal natural é raro ou inexistente). Com o objectivo de melhor caracterizar o corpo aquoso da Lagoa de Melides face aos constrangimentos que lhe são impostos (naturais: precipitação, temperatura, galgamentos oceânicos, nascentes, aportes fluviais; antrópicos: abertura artificial da barra de maré, orizicultura, ETAR's), procedeu-se à recolha, a mais exaustiva possível, de informação sobre o corpo aquoso (**Tabela VI.1-5**). Não se encontraram muitas referências para além dos trabalhos realizados pelo nosso grupo, sendo os trabalhos temporalmente dispersos, e os parâmetros analisados diversificados. As referências mais antigas datam de 1969 (WIENEKE), seguindo-se cerca de 20 anos sem informação sobre o sistema, até que surge a monitorização entre Março 1988/Março 1989 (COSTA *et al.*, 2003). Novos resultados são apresentados em 1994 por SANTOS mas é efectivamente a partir de 2000 que os resultados são mais abundantes e sistemáticos. Já na década de 2000, desde Outubro de 2007 até 2011 esteve em curso a monitorização ambiental da Lagoa de Melides com uma equipa multidisciplinar, da qual a autora da presente dissertação fazia parte (protocolo Faculdade de Ciências com a CCDR-Alentejo) que efectuou campanhas mensais de diversos parâmetros. Nesse estudo caracterizou-se o sistema lagunar (corpo aquoso, sedimentos, comunidade fitoplânctónica, macrofauna bentónica, ictiofauna, vegetação, oscilações da cota do plano de água lagunar e influência dos agentes oceânicos na laguna - marés e ondas), e os sistemas confinantes (sistema litoral: barreira e barra de maré; sistema fluvial), constituindo o mais completo estudo do ambiente lagunar de Melides conhecido até à data (FREITAS *et al.*, 2007a, 2007b, 2008, 2009a, 2009b, 2010b, 2010c, 2011).

Os resultados obtidos nos estudos anteriormente referidos permitem afirmar que a abertura da barra de maré é sem dúvida o factor mais marcante na dinâmica da qualidade da água lagunar, imprimindo uma mudança drástica nas características do hidrossoma. Esta mudança sujeita as comunidades vegetais e animais a enorme stress, pois em poucas horas (menos de 12) pode passar-se de um ambiente com hidrossoma com cerca de 6 m de espessura, estratificado (*epilimnion*: doce, oxigenado; *hipolimnion*: salino, anóxico e redutor) para uma coluna de água com pouco mais de 0,5 m (restrita ao canal de maré, ficando o restante fundo lagunar exposto - **Anexo A.V.2 - Foto A.V.2-8**) completamente homogénea com características idênticas às águas marinhas. No entanto, esta “abertura ao mar” é essencial para reduzir os riscos de eutrofização, permitindo a renovação da água estagnada e a entrada de “juvenis”, funcionando a laguna como um berçário para numerosas espécies que posteriormente aí se irão desenvolver, tal como acontece nas zonas de sapais dos ambientes estuarinos. Após o encerramento da barra de maré, é o sistema fluvial que vai ser o principal responsável pelas modificações sentidas na maior parte do ambiente lagunar, salvaguardando-se a região vestibular que esporadicamente vê adicionar água salgada, entrada por galgamento oceânico da zona deprimida da barreira arenosa (“cicatriz da barra de maré”). Durante o período de ausência de barra de maré a massa aquosa rapidamente estratifica, principalmente nas zonas mais profundas (excepto quando o vento é tão intenso que promove a homogeneização de toda a coluna de água), e a ocorrência de ambiente anóxico junto ao fundo é factor

preponderante para a reciclagem interna de nutrientes dos sedimentos anóxicos para a coluna de água, transferência que se intensifica durante o período nocturno. A esta fonte vêm adicionar-se os nutrientes provenientes dos campos de arroz (fertilizantes - N-P-K - não consumidos pelas plantas em desenvolvimento), das águas das ETAR's de Melides e de Vale Figueira e os que chegam por percolação nos terrenos detríticos (porosos/permeáveis) da região marginal da laguna onde existem numerosas fossas sépticas não estanques. Se adicionarmos à disponibilidade de nutrientes, temperaturas elevadas, e reduzidas espessuras da coluna de água (condições que se conciliam na época estival) podemos ter as condições ambientais ideais para o desenvolvimento excepcional de fitoplankton (*blooms* de cianobactérias) que podem conduzir a situações dramáticas com mortalidade acentuada da comunidade piscícola (conduzindo à colmatção das brânquias os peixes morrem por asfixia), tal como se registou no Verão de 2003 e 2005, que obrigaram a aberturas excepcionais da barra de maré na época estival. A laguna de Melides carece pois de monitorização continuada de forma a prevenir situações pontuais que envolvam decisões imediatas de forma a prevenir episódios idênticos aos registados no Verão de 2003 (INIAP, 2003) e 2005.

### **C) Sedimentos de fundo**

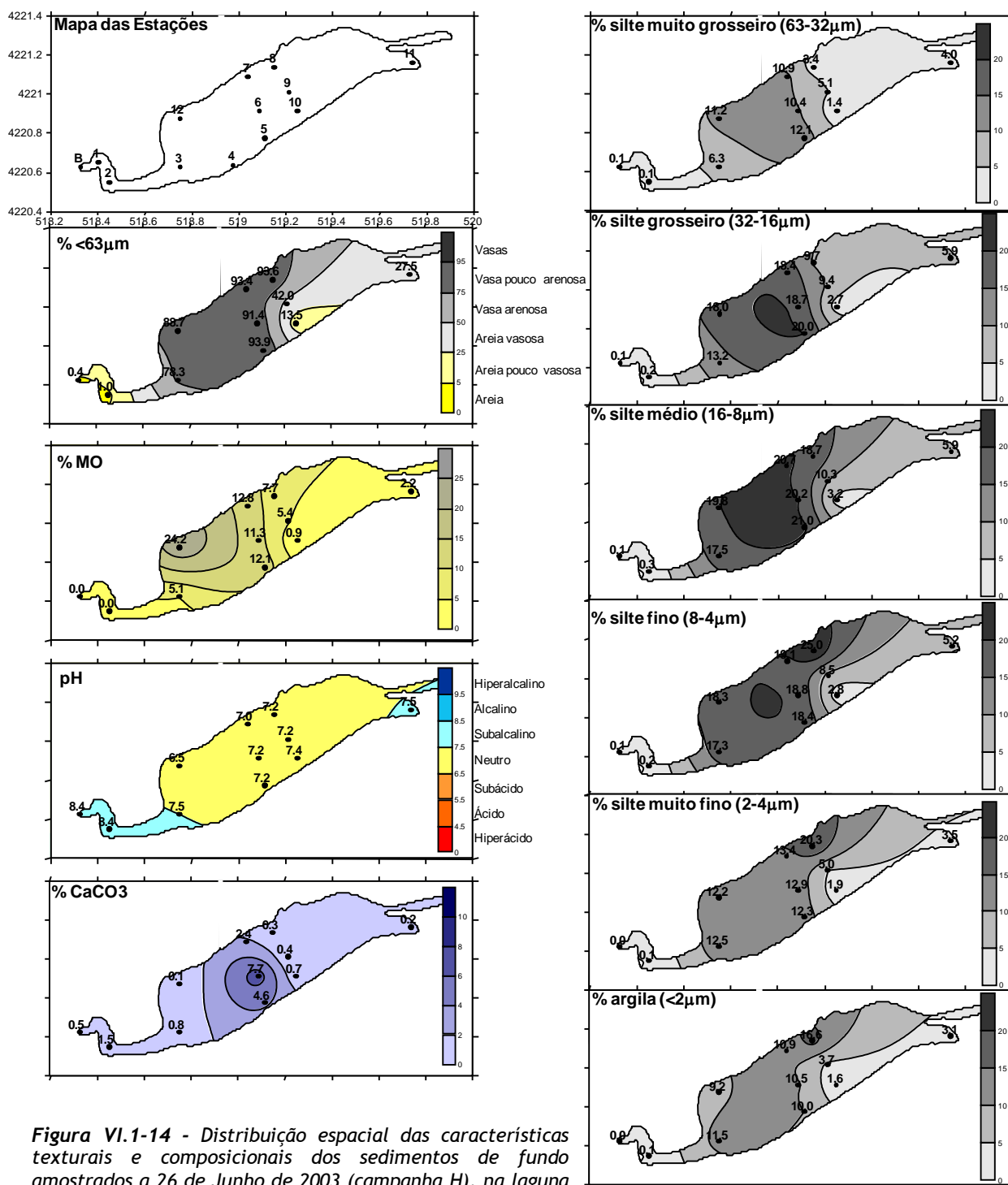
#### **▪ Sedimentologia**

Os resultados texturais e composicionais dos sedimentos lagunares de Melides (recolhidos em 26 de Junho de 2003 - Campanha H, em situação de ausência de barra de maré) indicam que estes se distribuem em função da influência das principais fontes sedimentares, continental e marinha, bem como do hidrodinamismo lagunar, revelando sedimentos com grande heterogeneidade textural e composicional (**Anexo II.2 - Tabelas A.II.2-1, A.II.2-2, A.II.2-3; Anexo V.2 - Fotos A.V.2-9, A.V.2-10**).

Na região vestibular (estações B e 2) predominam sedimentos arenosos (**Anexo V.2 - Fotos A.V.2-10, A.V.2-11**), limpos de fracção fina, desprovidos de matéria orgânica (0 %), subalcalinos (pH = 8,4), com reduzida componente carbonatada (%  $\text{CaCO}_3$  <1,5 %) (**Figura VI.1-14**). Estes materiais entram no sistema lagunar através do canal de maré, sendo mobilizados pela enchente durante os períodos de barra activa, ou pelos galgamentos oceânicos durante os períodos de ausência de barra de maré (barra fechada), tendo como origem as areias do sistema litoral Praia/Duna e fundos submarinos próximos da laguna de Melides.

Na zona central da laguna (estações 3 a 9 e 12) os sedimentos enriquecem em componente fina (% <63  $\mu\text{m}$  superior a 42 %), passando a predominar as vasas pouco arenosas (**Anexo V.2 - Fotos A.V.2-9, A.V.2-10**), ricas em matéria orgânica (entre 5 e 24 %), registando-se os teores máximos na zona norte (estação 12), afastada da influência do canal de enchente (**Figura VI.1-14**). Este enriquecimento em componente orgânica, proveniente principalmente da acumulação de restos de vegetação aquática, induz o decréscimo do pH dos sedimentos (factor de correlação  $r = -0,83$  - **Tabela VI.1-7**), que adquirem características neutras. Efectivamente, é na estação 12 que os sedimentos revelam o pH mais baixo (pH = 6,5), como reflexo do elevado teor de matéria orgânica presente (**Figura VI.1-14**); nesta estação, a componente grosseira (>63  $\mu\text{m}$ ) é quase exclusivamente constituída por restos de orgânicos (entre outros caules e sementes), sendo a componente minerogénica diminuta (**Anexo V.2 - Fotos A.V.2-9, A.V.2-10**).

É nesta região central que a componente bioclástica é mais enriquecida, principalmente no depocentro, atingindo-se teores próximos de 8 % (estação 6) (*Figura VI.1-14*).

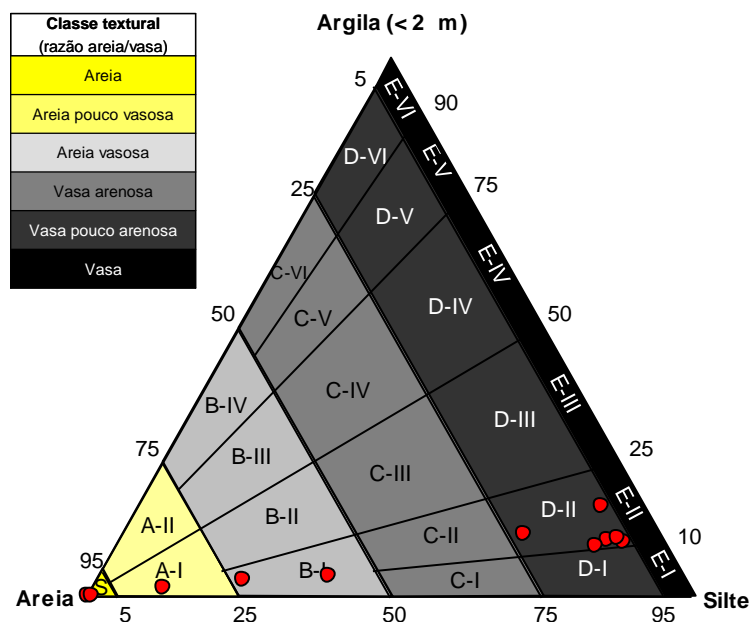


**Figura VI.1-14** - Distribuição espacial das características texturais e composicionais dos sedimentos de fundo amostrados a 26 de Junho de 2003 (campanha H), na laguna de Melides.

A região mais a montante - estação 11 - apresenta características idênticas às observadas na estação 10. Ambas as estações se localizam num canal: a segunda corresponde ao prolongamento para montante do canal de enchente e a primeira materializa o canal de descarga das águas provenientes dos campos de orizicultura. Deste modo, estes dois pontos correspondem a locais do sistema lagunar onde

pontualmente se podem verificar condições hidrodinâmicas mais energéticas, inibindo a deposição abundante de partículas mais finas. Os sedimentos ali encontrados são areias pouco vasosas e areias vasosas (% <63  $\mu\text{m}$  entre 14-28 %), subalcalinas a neutras, com baixos teores de MO (<2,5 %) e de  $\text{CaCO}_3$  (<1 %) (**Figura VI.1-14**).

A projecção dos valores areia/silte/argila no diagrama de FLEMMING (2000) em que o conteúdo da fracção arenosa (>63  $\mu\text{m}$ ) é considerado o indicador hidrodinâmico principal, considerando complementarmente a razão silte/argila, coloca os sedimentos do depocentro lagunar na classe/grupo hidrodinâmico D-II, classe de baixo hidrodinamismo mas onde os siltes predominam sobre as argilas. Em contraste, os sedimentos próximos da influência fluvial pertencem à classe/grupo A-I e B-I, reflectindo ambientes de maior hidrodinamismo, continuando os siltes a constituir importante proporção da fracção fina; os depositados sob a influência da barra de maré posicionam-se na classe S, que corresponde ao meio de deposição de maior hidrodinamismo (**Figura VI.1-14; VI.1-15**).



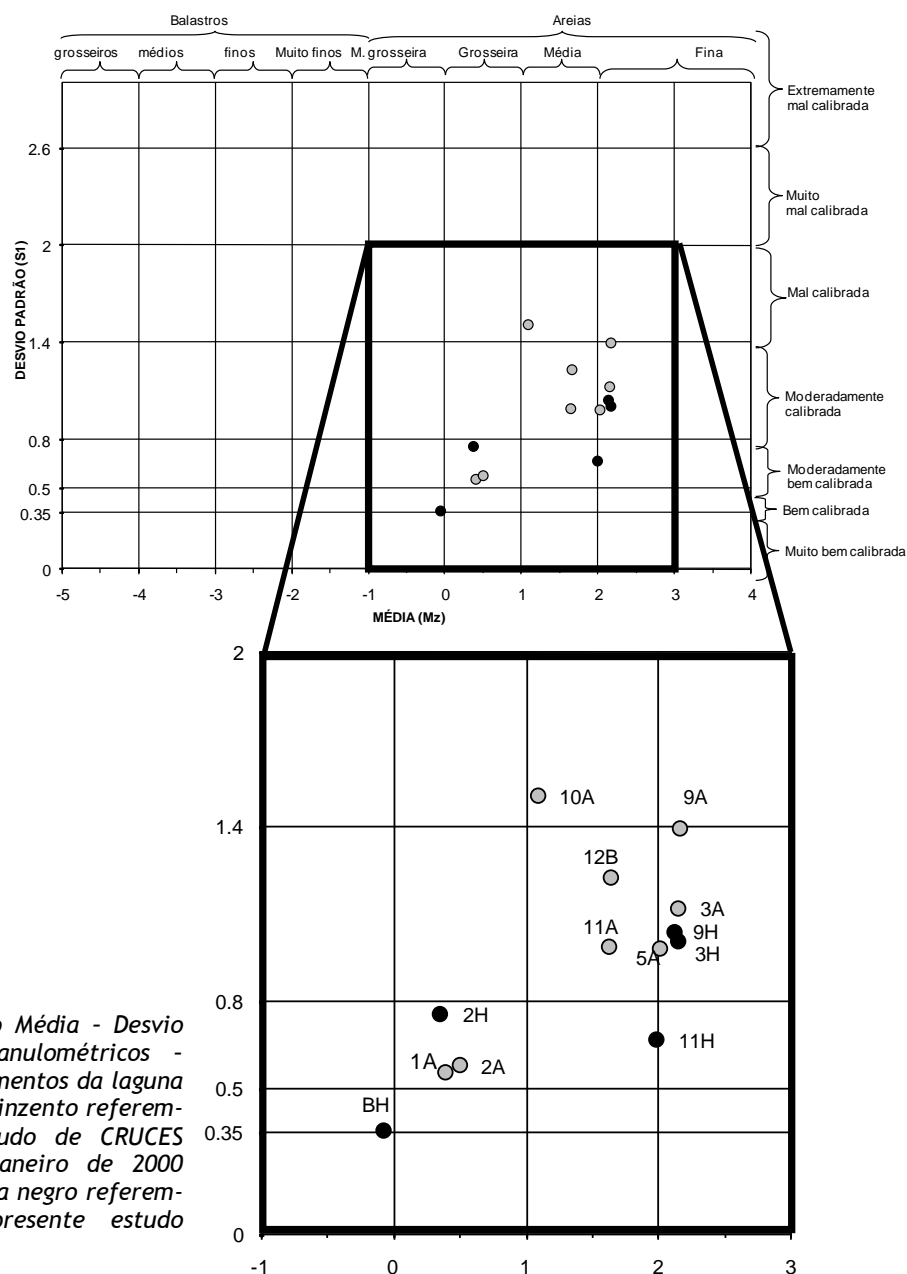
**Figura VI.1-15** - Classificação textural dos sedimentos lagunares de Melides, segundo FLEMMING (2000).

A análise granulométrica da fracção <63 $\mu\text{m}$  (**Tabela A.II.2-2 - Anexo II**) revela que esta, no depocentro lagunar, se encontra enriquecida em partículas com dimensão entre 8-16  $\mu\text{m}$  (siltes médios), por vezes excedendo 20% do sedimento total; os siltes grosseiros e finos são igualmente classes com importância nos sedimentos, com

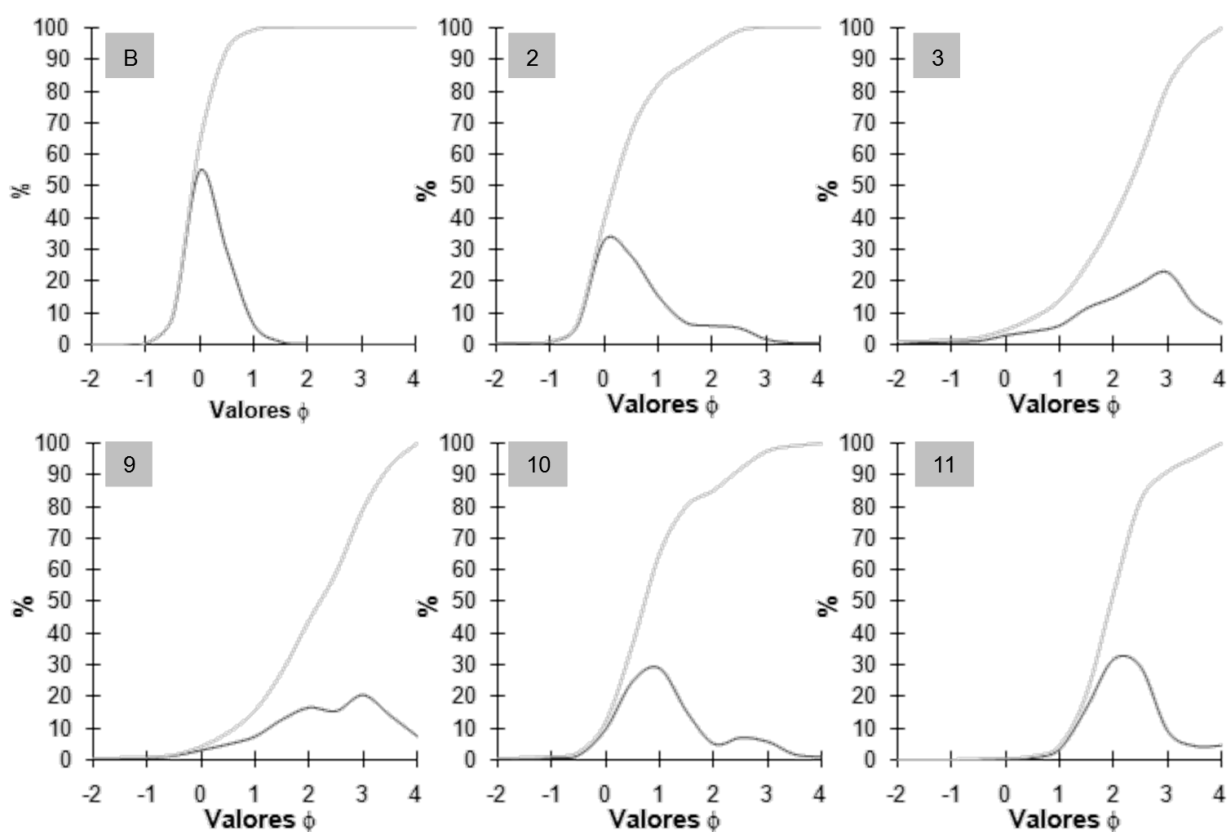
valores próximos de 20%. Salienta-se a amostra da estação 8 que se encontra enriquecida em componente fina (silte fino, muito fino e argilas) comparativamente aos restantes sedimentos analisados, sugerindo a ocorrência naquele local de ambiente de menor hidrodinamismo (**Figura VI.1-14, VI.1-15**). A matéria orgânica parece ser o componente principal da fracção siltosa, apresentando com esta o seu maior factor de correlação ( $r = 0,80$  - **Tabela VI.1-7**). A análise granulométrica da fracção >63  $\mu\text{m}$  (**Figura VI.1-16, Tabela A.II.2-3 - Anexo II**) indica que os sedimentos mais grosseiros se posicionam nas proximidades da embocadura lagunar nas estações B e 2, com valores de Mz de -0,07 e 0,36  $\phi$  (areias muito grosseiras a grosseiras) sendo bem e moderadamente bem calibrados, respectivamente. As restantes amostras, maioritariamente médias e finas, apresentam uma dispersão dimensional como consequência do maior conteúdo de bioclastos, por vezes constituinte único das fracções mais grosseiras. Na observação das curvas de frequência relativa (**Figura VI.1-17**) é evidente a contribuição das areias da barreira e da praia introduzidas através do canal de maré nos sedimentos do fundo do canal de maré (estação B) e na região



vestibular (estação 2). No entanto, nesta última estação é já evidente a presença, embora incipiente, de um outro grupo de partículas mais finas ( $\sim 2-3 \phi$ ), que se tornam mais abundantes no depocentro lagunar (estações 3, 9 e 10), denunciadoras do menor hidrodinamismo dessa zona mais afastada das correntes de enchente/vazante do canal de maré. Os materiais da estação 10, que constitui o prolongamento do canal de maré para montante, voltam a enriquecer em partículas de maior dimensão. Na região mais a montante (estação 11) os resultados indicam a entrada de material continental com características texturais diferentes.

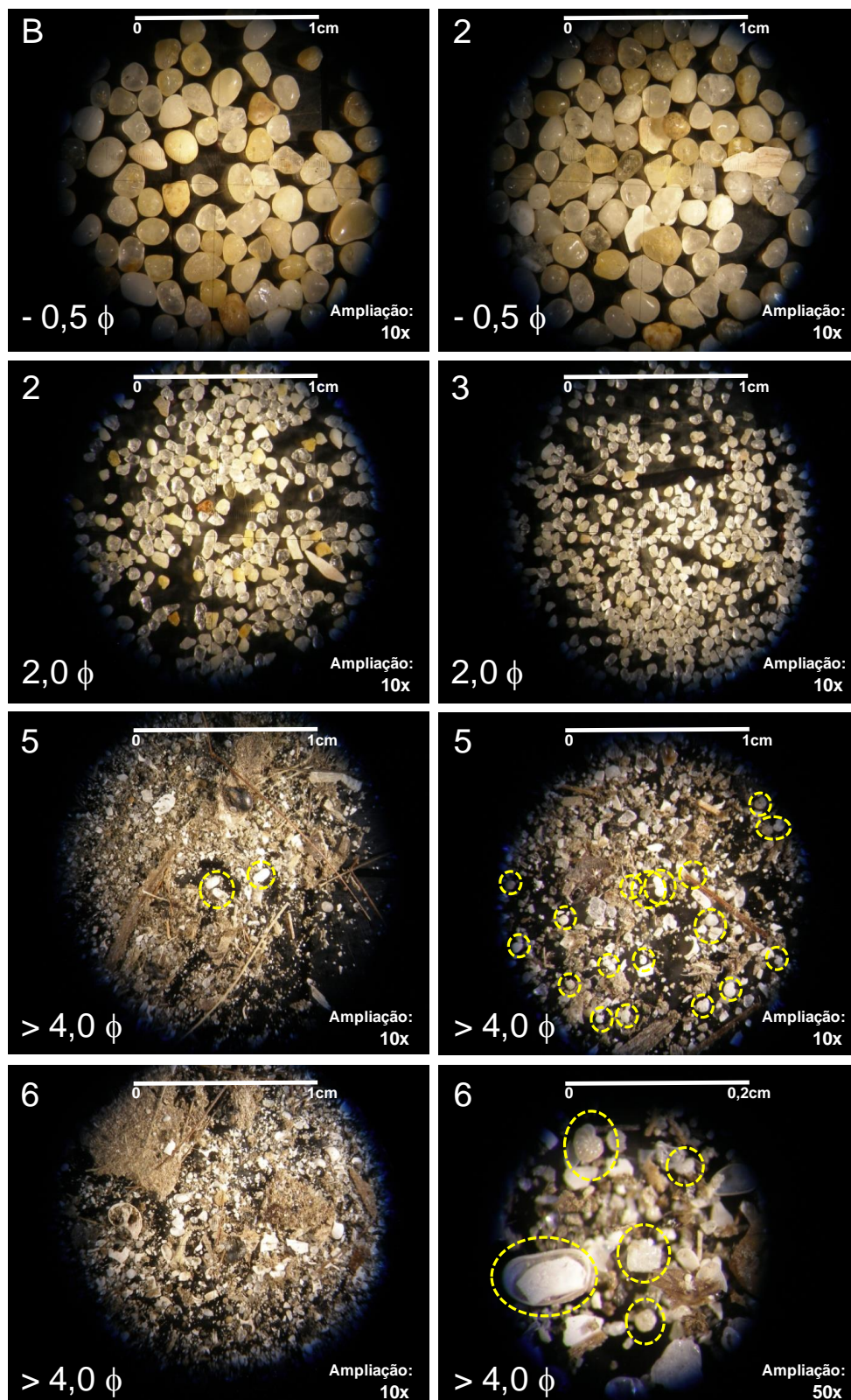


**Figura VI.1-16 - Gráfico Média - Desvio Padrão (parâmetros granulométricos - método gráfico) dos sedimentos da laguna de Melides.** Os pontos a cinzento referem-se às amostras do estudo de CRUCES (2001) recolhidas em Janeiro de 2000 (campanha A); os pontos a negro referem-se às amostras do presente estudo (campanha H).



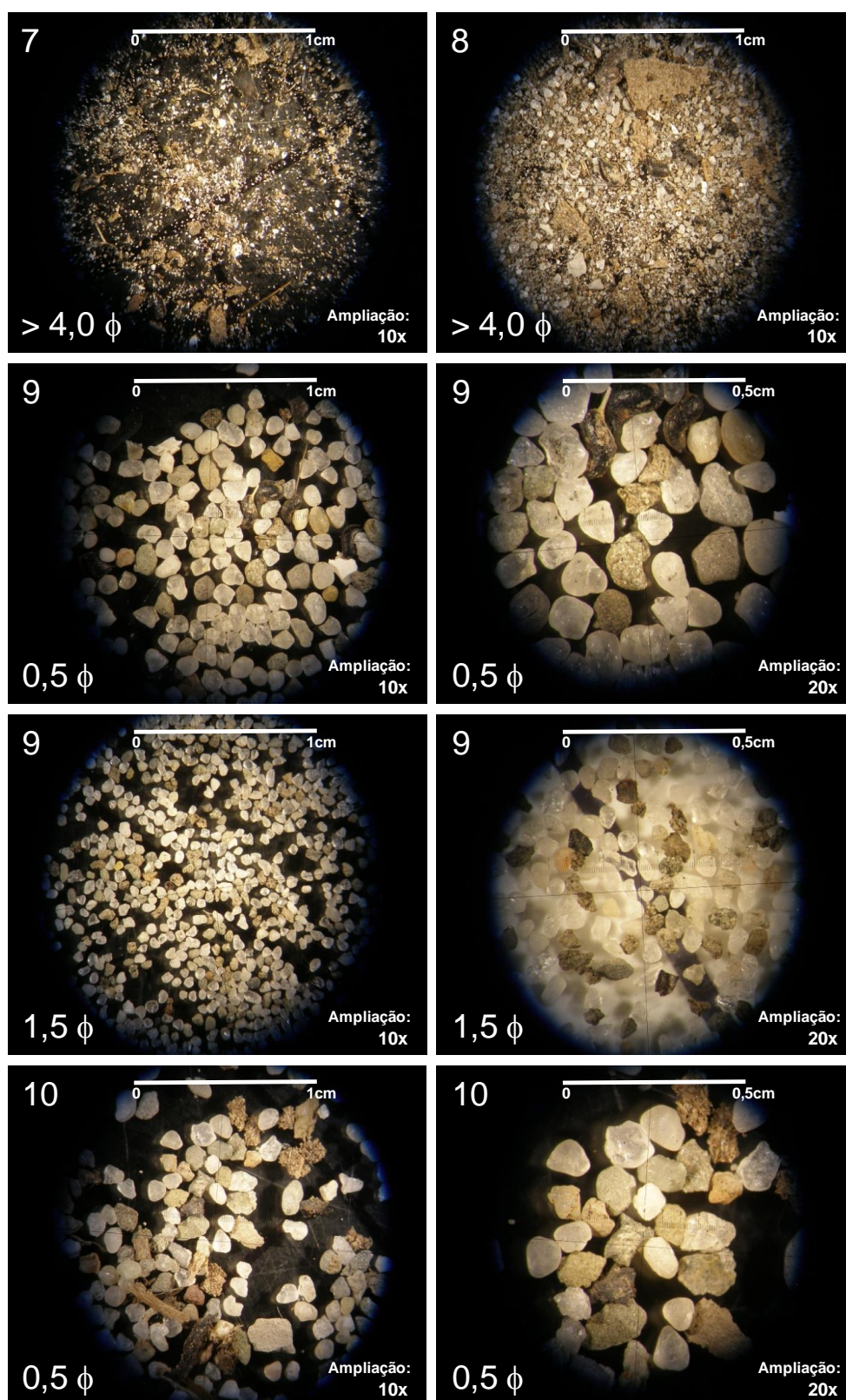
**Figura VI.1-17** - Curva de frequências relativas e curva de frequências cumulativas da fracção arenosa (>63 μm) dos sedimentos lagunares de Melides, recolhidos a 26/6/2003.

A observação à lupa binocular da fracção >63 μm permite dizer que composicionalmente, os sedimentos do eixo lagunar que margina a zona sul (estações B, 2, 3, 5, 10 e 11) registam para montante uma diminuição do rolamento dos grãos e um aumento da componente lítica (**Figura VI.1-18**). Note-se que os materiais da região vestibular (estação B) são os mais rolados e quase exclusivamente constituídos por quartzo (hialino e leitoso). Para montante, à medida que nos aproximamos da influência da descarga fluvial, os sedimentos apresentam-se sub-rolados a sub-angulosos (estação 11), aumentando a presença de litoclastos de grauvaques e xistos (litologias presentes na bacia de drenagem). A moscovite é rara nas estações da região vestibular (B, 2) e nas estações mais a montante (9, 10, 11), aumentando a sua presença na região central mas nunca constituindo mais do que 1 % da totalidade das partículas. A componente bioclástica faz-se representar pela presença de conchas ou fragmentos de conchas de bivalves e gastrópodes, detectando-se igualmente a presença de foraminíferos e valvas de ostracodos, mais abundantes na zona central (estações 5, 6, 7 e 8 - **Figura VI.1-18**), onde chegam a representar 10 % das partículas. Enquanto neste eixo E-W a fracção grosseira é rica em componente detrítica, os sedimentos lagunares da zona norte (estações 7, 8 e 12), mais afastados da influência do canal principal, são claramente empobrecidos em componente detrítica grosseira, estando esta enriquecida em resíduos orgânicos variados.



**Foto VI.1-18** - Imagem obtida à lupa binocular de diferentes fracções granulométricas da componente grosseira dos sedimentos recolhidos nas diferentes estações (nº no canto superior esquerdo) da Lagoa de Melides. Os círculos amarelos (tracejado) assinalam foraminíferos e valvas de ostracodos.





**Foto VI.1-18 (continuação)** - Imagem obtida à lupa binocular de diferentes fracções granulométricas da componente grosseira dos sedimentos recolhidos nas diferentes estações (nº no canto superior esquerdo) da Lagoa de Melides.



**Foto VI.1-18 (continuação)** - Imagem obtida à lupa binocular de diferentes fracções granulométricas da componente grosseira dos sedimentos recolhidos nas diferentes estações (nº no canto superior esquerdo) da Lagoa de Melides.

Tal como relativamente aos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso, procedeu-se à pesquisa, o mais exaustiva possível, sobre a caracterização dos sedimentos do fundo lagunar, apresentando-se na **Tabela VI.1-6** os trabalhos e o tipo de análises efectuadas pelos diferentes autores. Note-se que todas as amostragens foram efectuadas durante o período de barra de maré inactiva.

São várias as dificuldades que se colocam no estabelecimento da comparação dos resultados, que de seguida se citam a título de exemplo: não referência do método utilizado, utilização de diferentes métodos de análise, resultados apresentados como médias de várias estações (impossibilitando o conhecimento individual de cada estação).

**Tabela VI.1-6** - Datas referentes à recolha de sedimentos da Lagoa de Melides, efectuada em diferentes condições ambientais (embora todas em situação de ausência de barra de maré), para análise e caracterização sedimentológica, geoquímica e ecológica, realizada por diferentes autores.

Ano	Campanha	Data	Presença / Ausência de barra de maré	Dias		n.º estações		Análises efectuadas																	Autor
								SEDIMENTOLOGIA								GQ			ECOLOGIA						
				antes da próxima abertura	depois do encerramento	Corpo lagunar	Margens lagunares	Ribeira de Melides	pH	% Matéria Orgânica (Mufia)	% Matéria Orgânica (Titulação)	% Carbonatos (diferença após HCl a 10%)	% Carbonatos (calcimetro)	% <63 µm (crivagem a húmido)	Granulometria >63 µm (peneiração)	Granulometria <63 µm (sedimentógrafo laser)	Morfoscopia (1 φ e 2 φ)	Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Y, Zr, Nb, Pb	As, Cr, Cu, HCB, Hg, Ni, PAH, Pb, PCB, P total, Zn	Macroinvertebrados bentónicos (nº estações amostradas)	Nanoplâncton calcário (nº estações amostradas)	Foraminíferos (nº estações amostradas)	Ostracodos (nº estações amostradas)		
1988	Abertura - Fevereiro-Março/1988					? dias de barra activa					Março/1988 - encerramento												Costa et al., 2003		
	1	03-1988	ausência	?	?	6				X									X						
	2	04-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	3	05-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	4	06-1988	ausência	?	?	6				X			X					X							
	5	07-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	6	08-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	7	09-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	8	10-1988	ausência	?	?	6				X								X							
	9	11-1988	ausência	?	?	6				X								X							
10	12-1988	ausência	?	?	6				X								X								
1989	11	01-1989	ausência	?	?	6				X								X							
	12	02-1989	ausência	?	?	6				X								X							
	13	03-1989	ausência	?	?	6				X								X							
1994	1	03-1994	ausência	?	?	9	4		X	X	X	X	X	X	X								Santos, 1994		
	abertura - Março-Abril/1994					8 dias de barra activa					Março-Abril/1995 - encerramento														
	2	04-1994	ausência		15	11	23		X	X	X	X	X	X	X	X									
2000	A	23-24/01/2000	ausência	58		11			X		X	X		X	X	X					7		Cruces, 2001		
	B	29-02-2000	ausência	22		8/6														8	6		Alday, 2004		
	abertura - 22/03/2000					2 dias de barra activa					24/3/2000 - encerramento												Cruces, 2001		
	C	25-03-2000	ausência	31	1															5					
	D	02-04-2000	ausência	21	9															3					
	abertura - 22/04/2000					3 dias de barra activa					25/4/2000 - encerramento														
E	28-04-2000	ausência	13	3	8															7	7		Alday, 2004		

As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o n.º de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chainho orizicultor da várzea da laguna de Melides; c) Informação de Dr<sup>a</sup> Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; d) Diário de Notícias, 10 Julho/2003. GQ - Geoquímica.



**Tabela VI.1-6 (continuação)** - Datas referentes à recolha de sedimentos da Lagoa de Melides, efectuada em diferentes condições ambientais (embora todas em situação de ausência de barra de maré), para análise e caracterização sedimentológica, geoquímica e ecológica, realizada por diferentes autores.

Ano	Campanha	Data	Presença / Ausência de barra de maré	Dias		n.º estações	Análises efectuadas																	Autor		
							SEDIMENTOLOGIA										GQ		ECOLOGIA							
				antes da próxima abertura	depois do encerramento		Corpo lagunar	Margens lagunares	Ribeira de Melides	pH	% Matéria Orgânica (Mufla)	% Matéria Orgânica (Titulação)	% Carbonatos (diferença após HCl a 10%)	% Carbonatos (calcimetro)	% <63 µm (crivagem a húmido)	Granulometria >63 µm (peneiração)	Granulometria <63 µm (sedimentógrafo laser)	Morfoscopia (1 φ e 2 φ)	Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Pb	As, Cr, Cu, HCB, Hg, Ni, PAH, Pb, PCB, P total, Zn	Macroinvertebrados bentónicos (nº estações amostradas)	Nanoplâncton calcário (nº estações amostradas)	Foraminíferos (nº estações amostradas)	Ostracodos (nº estações amostradas)		
2000	abertura - 11/05/2000					2 dias de barra activa										13/5/2000 - encerramento										Cruces,2001
	F	12-08-2000	ausência	~120	91																	7				
	G	18-11-2000	ausência	~30	189																	11				
2003	abertura - 23/12/2000					15 dias de barra activa										7/1/2001- encerramento										a)
	abertura - entre 25/3 e 15/4/2003					? dias de barra activa										? - encerramento										b)
	H	26-06-2003	ausência	13	~90	11				X	X		X	X	X	X		X					11		Alday, 2004; presente estudo	
2007	abertura - 9/7/2003					? dias de barra activa										? - encerramento										c),d)
	abertura - 17/4/2007					3 dias de barra activa										7/1/2001- encerramento										Freitas et al. , 2007a, 2007b, 2008, 2009a
	MEL-2	29-10-2007	ausência	158	191	4																4				
6							2	X	X			X	X	X	X	X										
5																				X						
2008	MEL-5			28-01-2008	ausência	67	282	4														4				
	abertura - 4/4/2008					6 dias de barra activa										10/4/2008 - encerramento										Freitas et al. , 2007a, 2007b, 2008, 2009a
	MEL-11	11-04-2008	ausência	11	1	4																4				
	abertura - 22/4/2008					9 dias de barra activa										1/5/2008 - encerramento										
	MEL-12(MB)	18-05-2008	ausência	261	17	4																4				
	MEL-13	29-05-2008	ausência	250	30			1	X	X			X	X	X	X	X									
	MEL-14(MB)	22-07-2008	ausência	196	82	3																3				
MEL-16(MB)	24-09-2008	ausência	132	146	4																4					
2009	abertura (natural) - 03/02/2009					26 dias de barra activa										1/3/2009 - encerramento										
	abertura (natural) - 07/04/2009					1 dia de barra activa										08/04/2009 - encerramento										
2010	abertura (natural) - 01/01/2010					>30 dias de barra activa										1ª semana Fev. ainda aberta - encerramento										^Freitas et al. , 2009b, 2010c, 2011
	abertura (natural) - 20/02/2010					? dias de barra activa										? - encerramento										
	abertura (natural) - 07/03/2010																									
	MEL-18	24-09-2008	ausência	132	146	3																3				
						30 dias de barra activa										6-04-2010 - encerramento										
	abertura (artificial) - 28/04/2010					1 dia de barra activa										29/4/2010 - encerramento										
		Junho/2010	ausência																				X			
		Setembro/2010	ausência																				X			
		Novembro/2010	ausência																				X			
abertura (natural) - 30/12/2010					19 dias de barra activa										18/01/2011 - encerramento											

As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o nº de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chaiinho orizicultor da várzea da laguna de Melides; c) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; d) Diário de Notícias, 10 Julho/2003. GQ - Geoquímica.



**Tabela VI.1-6 (continuação)** - Datas referentes à recolha de sedimentos da Lagoa de Melides, efectuada em diferentes condições ambientais (embora todas em situação de ausência de barra de maré), para análise e caracterização sedimentológica, geoquímica e ecológica, realizada por diferentes autores.

Ano	Campanha	Data	Presença/ Ausência de barra de maré	Dias		nº. estações		Análises efectuadas																	Autor
				antes da próxima abertura	depois do encerramento	Corpo lagunar	Margens lagunares	Ribeira de Melides	pH	% Matéria Orgânica (Mufila)	% Matéria Orgânica (Titulação)	% Carbonatos (diferença após HCl a 10%)	% Carbonatos (calcímetro)	% <63 µm (crivagem a húmido)	Granulometria >63 µm (peneiração)	Granulometria <63 µm (sedimentógrafo laser)	Morfoscopia (1 φ e 2 φ)	Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Pb	As, Cr, Cu, HCB, Hg, Ni, PAH, Pb, PCB, P total, Zn	Macroinvertebrados bentónicos (nº estações amostradas)	Nanoplâncton calcário (nº estações amostradas)	Foraminíferos (nº estações amostradas)	Ostracodos (nº estações amostradas)		
																								SEDIMENTOLOGIA	
2011	abertura (natural) - 16/02/2011			22 dias de barra activa		10/03/2011 - encerramento																	^Freitas <i>et al.</i> , 2009b, 2010b, 2010c, 2011		
	abertura (artificial) - 04/04/2011			1 dia de barra activa		05/04/2011 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 06/04/2011			1 dia de barra activa		07/04/2011 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 26/04/2011			1 dia de barra activa		27/04/2011 - encerramento																			
2012	abertura (artificial) - 05/04/2012			? dias de barra activa		? - encerramento																	presente estudo		
	abertura (artificial) - 05/05/2012			3 dias de barra activa		08/05/2012 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 13/05/2012			3 dias de barra activa		16/05/2012 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 16/05/2012			2 dias de barra activa		18/05/2012 - encerramento																			
2013	abertura (artificial) - 01/01/2013			cerca de 45 dias de barra activa		01/01/2013 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 12/01/2013			cerca de 45 dias de barra activa		final de fevereiro - encerramento																			
	abertura (artificial) - princípio de Março/2013			duas marés de barra activa		princípio de Março - encerramento																			
	abertura (artificial) - 24/03/2013 - pelas 10h			40 dias de barra activa		03/05/2013 - encerramento																			
2014	abertura (natural) - 18/01/2014			? dias de barra activa		? - encerramento																			
	abertura (artificial) - 15/04/2014			1 dia de barra activa		16/04/2014 - encerramento																			
2015	05-02-2015			11				X				X											11	Investigação em curso no IDL - Instituto Dom Luís (CABRAL <i>et al.</i> , submetido)	
	abertura (artificial) - 19/03/2015 - pelas 16h			5 dia de barra activa		24/03/2015 - encerramento																			
	abertura (artificial) - 08/04/2015			< 1 dia de barra activa		08/04/03/2015 - encerramento																			
	27-04-2015			11				X				X											11		
	16-10-2015			11				X				X											11		

As áreas a cinzento indicam (da esquerda para a direita - do cinza claro ao cinza escuro) a data da abertura da barra de maré, o n.º de dias em que permaneceu activa e a data do encerramento, respectivamente. a) Informação oral de Dário Cardador (Quercus Litoral Alentejano); b) Informação oral de Joaquim Chainho orizicultor da várzea da laguna de Melides; c) Informação de Drª Isabel Pinheiro - CCDR, Alentejo; d) Diário de Notícias, 10 Julho/2003. GQ - Geoquímica.

Pode afirmar-se que durante o período de barra fechada os sedimentos lagunares vão enriquecendo progressivamente em matéria orgânica, atingindo-se os teores máximos após a época pluviosa de Inverno e antes da abertura artificial da barra de maré (Campanha A - Janeiro de 2000, CRUCES, 2001). Este enriquecimento, associado a um hidrossoma estratificado, com ambiente anóxico e redutor junto ao fundo, contribuem para a diminuição do pH dos sedimentos, atingindo-se valores próximos de 4 nos sedimentos de fundo (SANTOS, 1994 - 1ª campanha, Março de 1994; CRUCES, 2001 - Campanha A - Janeiro de 2000). A abertura da barra de maré permite o escoamento das águas represadas e o intenso fluxo inicial pode promover certo arrastamento da “capa superficial” pouco coesa do material anteriormente acumulado. Este processo é mais intenso na região vestibular que sente de forma mais imponente o forte fluxo do escoamento inicial que é suficiente para construir megaripples no substrato arenoso. Estas formas sedimentares ficam preservadas e nem as subseqüentes velocidades registadas nas enchentes, durante o período de barra activa, são suficientes para remodelar os fundos da zona vestibular. Independentemente da presença/ausência da barra de maré, os resultados são consentâneos, indicando a manutenção da distribuição textural e composicional dos sedimentos do fundo lagunar nos últimos 20 anos. Parece pois diferenciar-se na componente grosseira dos sedimentos a influência marinha (região mais enriquecida em bioclastos) da influência continental (sedimentos mais enriquecidos em líticos). É importante realçar esta associação entre componente bioclástica e os sedimentos de características mais vasosas, reveladora de uma certa dependência dos organismos face a um tipo de substrato, que resulta num enriquecimento em fracção carbonatada nas vasas da laguna de Melides.

Mais recentemente, a monitorização ambiental da Lagoa de Melides (protocolo Faculdade de Ciências - CCDR-Alentejo) que decorreu entre Outubro de 2007 e 2011 (FREITAS *et al.*, 2007<sup>a</sup>, 2007b, 2008, 2009a, 2009b, 2010b, 2010c, 2011), embora só analise sedimentos de 5 estações lagunares, obteve resultados dos parâmetros composicionais e texturais idênticos aos do presente estudo. As campanhas de monitorização do Grupo de Processos Costeiros (Departamento de Geologia - FCUL) continuam e no estudo que se encontra em desenvolvimento no IDL (Instituto Dom Luís) as campanhas realizadas este ano (CABRAL *et al.*, submetido), confirmam a distribuição textural encontrada em 2003. No depocentro lagunar encontram-se os sedimentos texturalmente mais finos, de vasas a vasas arenosas, sendo nítido que a região mais a norte é mais enriquecida em vasas. OS materiais mais arenosos e desprovidos de matéria orgânica encontram-se na região vestibular nas imediações da barra de maré. Os sedimentos arenosos ou arenovasosos também podem ser encontrados na região mais a montante, próximo da descarga fluvial.

#### ▪ Geoquímica

Até ao momento, desconhece-se qualquer análise química anterior dos sedimentos da laguna de Melides, pelo que os resultados agora apresentados constituem a primeira abordagem à sua caracterização geoquímica (**Tabela VI.1-6**), numa tentativa de relacionamento com as prováveis fontes sedimentares, sejam elas naturais ou artificiais.

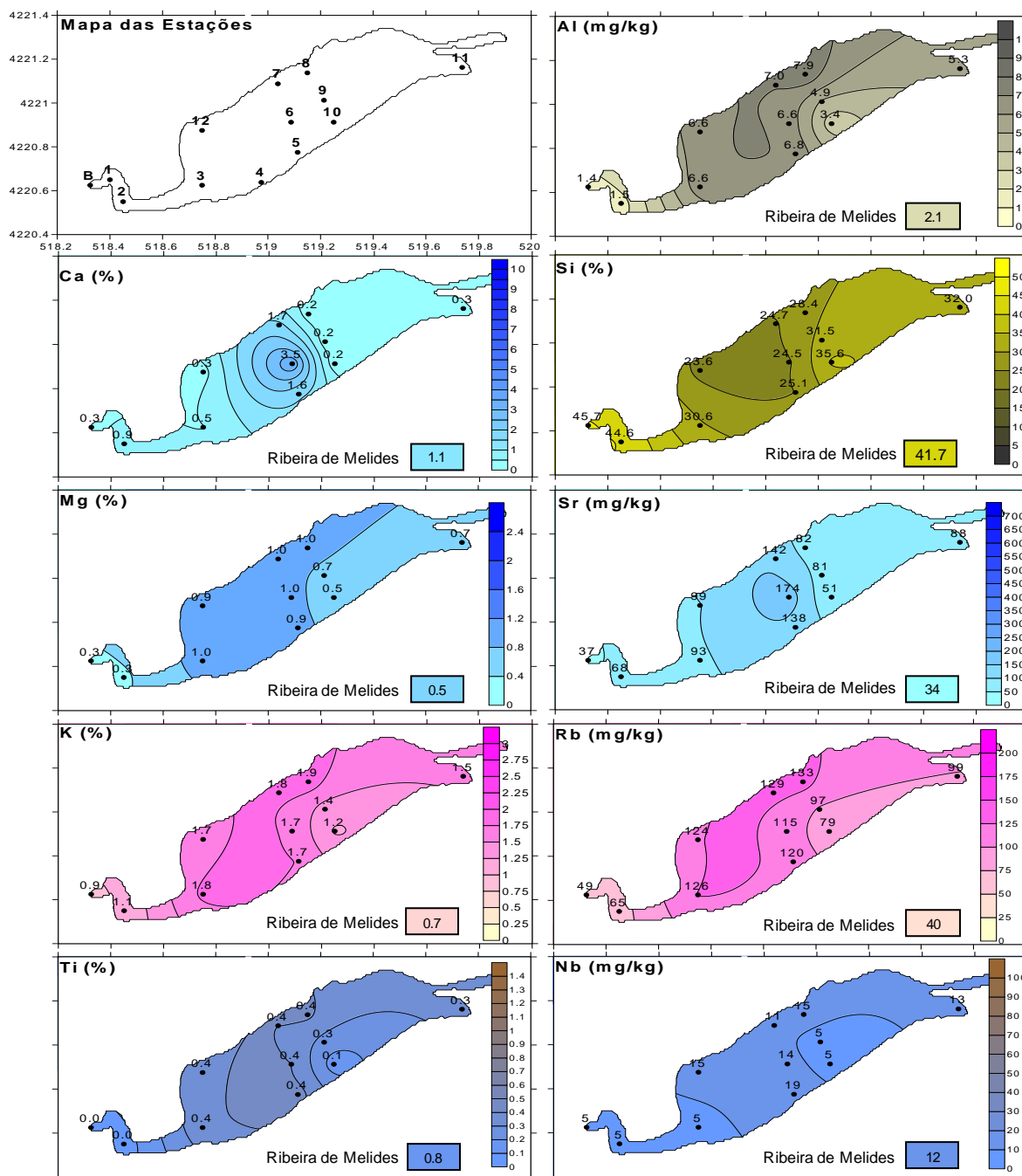
Esta análise teve como principal objectivo a caracterização química dos materiais sedimentados mas igualmente a avaliação de poluentes inorgânicos (metais pesados) usando as mesmas estações consideradas para a caracterização sedimentológica.

Os resultados geoquímicos (**Figura VI.1-19**) indicam uma grande diversidade composicional que se ajusta, principalmente, às diferenças texturais já referidas nos sedimentos lagunares, aquando da análise sedimentológica. Os teores mais elevados de Si encontram-se associados à região vestibular (estações B e 2) e ao troço montante do canal de enchente (estação 10), oscilando entre 36 e 46 %. Estes materiais estão empobrecidos em todos os restantes elementos analisados, não ultrapassando as concentrações em Al 3,4 %, sendo esta composição química reveladora de materiais constituídos maioritariamente por partículas minerogénicas, essencialmente quartzosas. Pelo contrário, o restante espaço lagunar tem nos seus sedimentos de fundo materiais ricos em aluminossilicatos, atingindo as concentrações em Al valores máximos de 8%; a região mais a montante revela valores mais baixos (5 %) como consequência do empobrecimento em partículas <63µm (28 %), em contraste com os cerca de 90 % da região central. Esta correlação positiva do Si com a fracção >63 µm e com o pH, opondo-se ao Al+restantes elementos (com os quais apresenta correlações negativas significativas) fica bastante visível na matriz de correlação (**Tabela VI.1-7**) e nos resultados da análise factorial (**Tabela VI.1-8, Figura VI.1-20**). A correlação positiva do Si com as partículas mais grosseiras e com o pH denuncia a forte influência da textura e do teor de MO no pH dos sedimentos, subindo o valor deste último à medida que os sedimentos adquirem textura mais grosseira e empobrecem em matéria orgânica. A forte correlação positiva do K com a fracção fina do sedimento, com o Al ( $r = 0,99$ ) e com outros elementos de afinidade terrígena como o Rb ( $r = 0,99$ ), Ti ( $r = 0,98$ ), Nb ( $r = 0,68$ ), Y ( $r = 0,89$ ), Zr ( $r = 0,88$ ) indica que a fracção fina tem proveniência continental e é a portadora da maior parte dos elementos químicos (**Tabela VI.1-7 e VI.1-8, Figura VI.1-20**).

Por outro lado, no conjunto dos elementos analisados, o Ca destaca-se, apresentando uma correlação positiva muito elevada com o  $\text{CaCO}_3$  ( $r = 0,97$ ) o que indica que a maior parte deste elemento está retido efectivamente nos bioclastos carbonatados. No entanto, o Sr que apresenta forte afinidade química com o Ca, não parece ser exclusivo dos bioclastos, pois apresenta com este uma menor correlação ( $r = 0,86$ ) e na análise factorial posiciona-se entre o Ca e os elementos fortemente correlacionados com o Al (**Figura VI.1-20**), sugerindo que parte do Sr deve estar presente nas partículas terrígenas de dimensão <63µm.

Dos elementos utilizados como indicadores de paleosalinidade (Br, Cl e S) o S apresenta elevada correlação ( $r > 0,90$ ) com a matéria orgânica, a fracção <63µm (principalmente com os siltes), o Br, o Cl, e com alguns metais, como o Cu, o Fe e o Zn. Esta forte associação sugere que o S esteja principalmente nos sedimentos finos orgânicos (a matéria orgânica pode ser a fonte principal do S) anóxicos sob a forma de sulfuretos, que se manterão estáveis em ambiente redutor (sulfuretos diagenéticos). No entanto, a afinidade com o Br e o Cl, sugere que a contribuição marinha de S sob a forma de sulfatos não deve ser negligenciada, uma vez que estes elementos se encontram mais concentrados nos sedimentos vasosos da região vestibular (estações 5, 6, 7, 12). Os teores máximos de Br e Cl (157 mg/kg e 2,3 %, respectivamente), são encontrados na região vestibular norte (estação 12), nos sedimentos com maior conteúdo orgânico (revelando este parâmetro as correlações mais elevadas com estes dois elementos

“marinhos” de 0,97 e 0,95, respectivamente - **Tabela VI.1-7**). Se compararmos as concentrações de Br, Cl e S com os valores de salinidade junto ao fundo (9 e 23 ‰) no momento da recolha dos sedimentos, verificamos que as correlações elemento-salinidade de fundo não excede  $r = 0,62$  enquanto com a fracção  $<63 \mu m$  é superior a 0,80. Deste modo, a distribuição das concentrações dos elementos ditos “marinhos”, principalmente o Br e o Cl não estão apenas controladas pela proximidade à barra de maré mas igualmente pela textura do sedimento e pelo teor em matéria orgânica, pelo que o teor final dos elementos paleosalinos resultará da conjugação dos 3 factores.



**Figura VI.1-19** - Distribuição espacial da composição química dos sedimentos superficiais (lagunares e fluviais) da Lagoa de Melides (campanha de 26 de Junho de 2003 - campanha H).

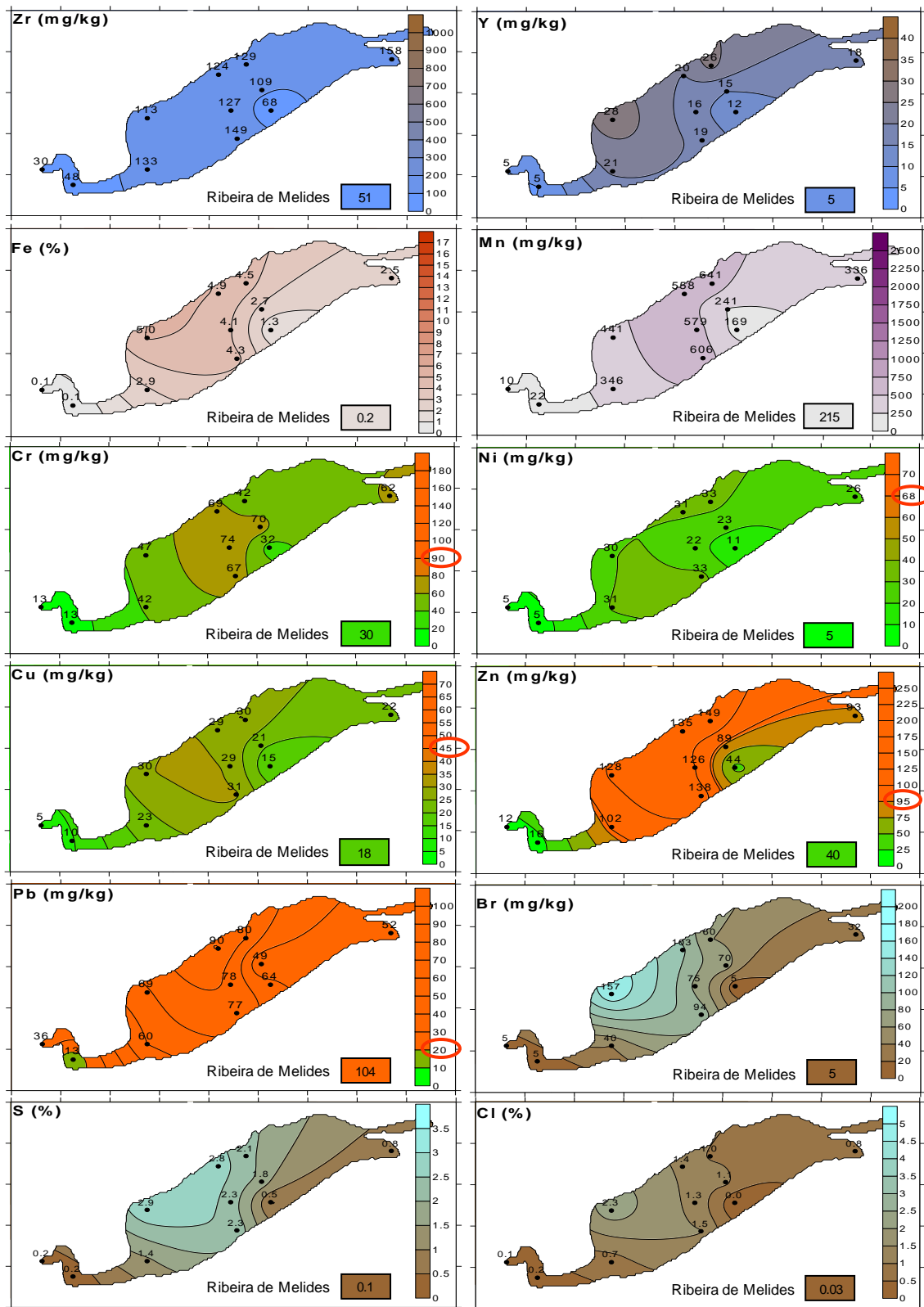


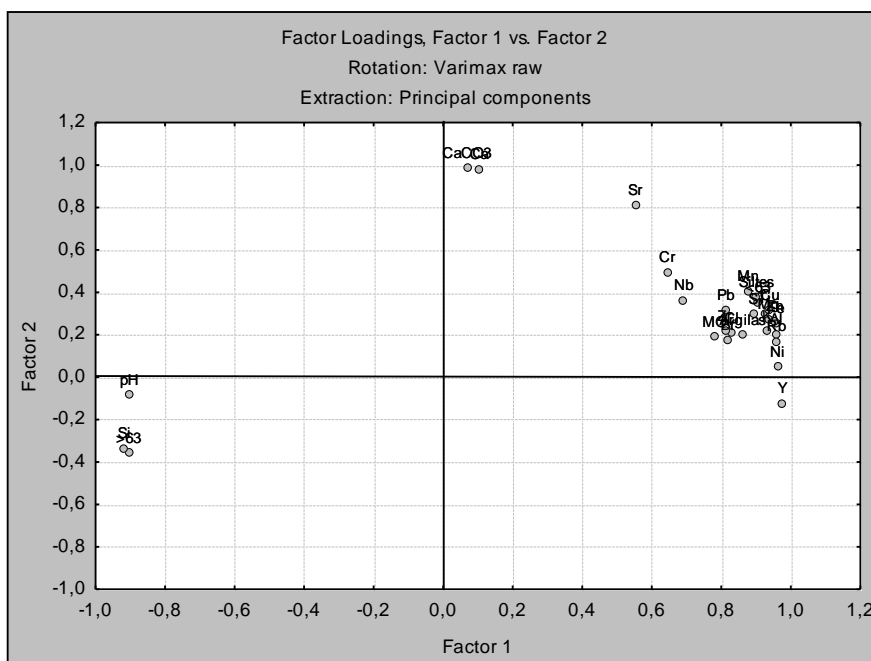
Figura VI.1-19 (continuação) - Distribuição espacial da composição química dos sedimentos superficiais (lagunares e fluviais) da Lagoa de Melides (campanha de 26 de Junho de 2003 - campanha H). A elipse vermelha assinala o valor do material de referência internacional (Average Shale) tido como equivalente textural das vases, não contaminado.

**Tabela VI.1-7 - Parâmetros de correlação dos componentes texturais e composicionais dos sedimentos superficiais da Lagoa de Melides.**

Correlations (MxH-sed-GQ-lagoa-dados.STA)																														
Marked correlations are significant at p < .05000																														
N=11 (Casewise deletion of missing data)																														
Variable	>63	<63	Siltres	Argilas	pH	MO	CaCO3	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Pb		
>63	1.0	-1.0	-1.00	-0.94	0.80	-0.78	-0.43	-0.97	-0.94	0.92	-0.93	-0.80	-0.94	-0.46	-0.93	-0.66	-0.94	-0.95	-0.88	-0.94	-0.95	-0.80	-0.95	-0.78	-0.84	-0.74	-0.71	-0.85		
<63	-1.0	1.0	1.00	0.94	-0.80	0.78	0.43	0.97	0.94	-0.92	0.93	0.80	0.94	0.46	0.93	0.66	0.94	0.95	0.88	0.94	0.95	0.80	0.95	0.78	0.84	0.74	0.71	0.85		
Siltres	-1.0	1.0	1.00	0.92	-0.81	0.80	0.44	0.97	0.94	-0.93	0.94	0.82	0.93	0.48	0.93	0.68	0.94	0.95	0.88	0.95	0.95	0.82	0.94	0.79	0.83	0.74	0.72	0.85		
Argilas	-0.9	0.9	0.92	1.00	-0.66	0.60	0.28	0.94	0.92	-0.78	0.79	0.60	0.93	0.31	0.87	0.48	0.90	0.86	0.85	0.86	0.90	0.60	0.92	0.60	0.83	0.68	0.63	0.80		
pH	0.8	-0.8	-0.81	-0.66	1.00	-0.83	-0.14	-0.81	-0.84	0.94	-0.89	-0.85	-0.78	-0.17	-0.82	-0.73	-0.77	-0.91	-0.81	-0.89	-0.85	-0.87	-0.83	-0.57	-0.87	-0.70	-0.60	-0.82		
MO	-0.8	0.8	0.80	0.60	-0.83	1.00	0.24	0.71	0.68	-0.81	0.90	0.95	0.63	0.30	0.66	0.49	0.67	0.85	0.65	0.77	0.74	0.97	0.70	0.60	0.76	0.46	0.66	0.63		
CaCO3	-0.4	0.4	0.44	0.28	-0.14	0.24	1.00	0.33	0.27	-0.39	0.34	0.25	0.28	0.97	0.36	0.49	0.47	0.31	0.10	0.38	0.33	0.21	0.23	0.82	-0.04	0.26	0.42	0.37		
Mg	-1.0	1.0	0.97	0.94	-0.81	0.71	0.33	1.00	0.99	-0.93	0.88	0.75	0.99	0.38	0.97	0.70	0.95	0.95	0.94	0.96	0.97	0.73	0.98	0.74	0.89	0.84	0.69	0.87		
Al	-0.9	0.9	0.94	0.92	-0.84	0.68	0.27	0.99	1.00	-0.94	0.86	0.74	0.99	0.30	0.98	0.73	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.72	0.99	0.69	0.91	0.88	0.71	0.87		
Si	0.9	-0.9	-0.93	-0.78	0.94	-0.81	-0.39	-0.93	-0.94	1.00	-0.92	-0.86	-0.90	-0.42	-0.94	-0.83	-0.91	-0.97	-0.88	-0.98	-0.95	-0.84	-0.92	-0.79	-0.86	-0.83	-0.72	-0.88		
S	-0.9	0.9	0.94	0.79	-0.89	0.90	0.34	0.88	0.86	-0.92	1.00	0.92	0.82	0.40	0.84	0.72	0.86	0.97	0.82	0.92	0.91	0.94	0.87	0.74	0.81	0.65	0.68	0.81		
Cl	-0.8	0.8	0.82	0.60	-0.85	0.95	0.25	0.75	0.74	-0.86	0.92	1.00	0.70	0.30	0.76	0.67	0.72	0.89	0.75	0.84	0.81	0.98	0.75	0.66	0.79	0.64	0.71	0.61		
K	-0.9	0.9	0.93	0.93	-0.78	0.63	0.28	0.99	0.99	-0.90	0.82	0.70	1.00	0.32	0.98	0.68	0.93	0.91	0.95	0.95	0.96	0.66	0.99	0.70	0.89	0.88	0.68	0.83		
Ca	-0.5	0.5	0.48	0.31	-0.17	0.30	0.97	0.38	0.30	-0.42	0.40	0.30	0.32	1.00	0.38	0.51	0.48	0.36	0.13	0.40	0.35	0.27	0.28	0.86	-0.01	0.26	0.40	0.39		
Ti	-0.9	0.9	0.93	0.87	-0.82	0.66	0.36	0.97	0.98	-0.94	0.84	0.76	0.98	0.38	1.00	0.80	0.95	0.93	0.96	0.97	0.98	0.71	0.96	0.76	0.87	0.93	0.75	0.84		
Cr	-0.7	0.7	0.68	0.48	-0.73	0.49	0.49	0.70	0.73	-0.83	0.72	0.67	0.68	0.51	0.80	1.00	0.73	0.74	0.70	0.79	0.77	0.62	0.68	0.79	0.53	0.82	0.55	0.68		
Mn	-0.9	0.9	0.94	0.90	-0.77	0.67	0.47	0.95	0.95	-0.91	0.86	0.72	0.93	0.48	0.95	0.73	1.00	0.94	0.88	0.96	0.97	0.70	0.92	0.79	0.81	0.82	0.84	0.89		
Fe	-1.0	1.0	0.96	0.86	-0.91	0.85	0.31	0.95	0.95	-0.97	0.97	0.89	0.91	0.36	0.93	0.74	0.94	1.00	0.90	0.97	0.97	0.89	0.94	0.74	0.90	0.77	0.76	0.87		
Ni	-0.9	0.9	0.88	0.85	-0.81	0.65	0.10	0.94	0.96	-0.88	0.82	0.75	0.95	0.13	0.96	0.70	0.88	0.90	1.00	0.92	0.95	0.72	0.96	0.59	0.91	0.90	0.67	0.77		
Nr	-0.9	0.9	0.95	0.86	-0.89	0.77	0.38	0.96	0.97	-0.98	0.92	0.84	0.95	0.40	0.97	0.79	0.96	0.97	0.92	1.00	0.99	0.81	0.96	0.77	0.88	0.86	0.79	0.85		
Cu	-1.0	1.0	0.95	0.90	-0.85	0.74	0.33	0.97	0.98	-0.95	0.91	0.81	0.96	0.35	0.98	0.77	0.97	0.97	0.95	0.99	1.00	0.78	0.96	0.74	0.89	0.86	0.79	0.86		
Zn	-0.8	0.8	0.82	0.60	-0.87	0.97	0.21	0.73	0.72	-0.84	0.94	0.98	0.66	0.27	0.71	0.62	0.70	0.89	0.72	0.81	0.78	1.00	0.73	0.62	0.77	0.55	0.65	0.64		
Br	-0.9	0.9	0.94	0.92	-0.83	0.70	0.23	0.98	0.99	-0.92	0.87	0.75	0.99	0.28	0.96	0.68	0.92	0.94	0.96	0.96	0.96	0.73	1.00	0.68	0.92	0.85	0.65	0.82		
Rb	-0.8	0.8	0.79	0.60	-0.57	0.60	0.82	0.74	0.69	-0.79	0.74	0.66	0.70	0.86	0.76	0.79	0.79	0.74	0.59	0.77	0.74	0.62	0.68	1.00	0.44	0.66	0.64	0.66		
Sr	-0.8	0.8	0.83	0.83	-0.87	0.76	-0.04	0.89	0.91	-0.86	0.81	0.79	0.89	-0.01	0.87	0.53	0.81	0.90	0.91	0.88	0.89	0.77	0.92	0.44	1.00	0.77	0.66	0.74		
Y	-0.7	0.7	0.74	0.68	-0.70	0.46	0.26	0.84	0.88	-0.83	0.65	0.64	0.88	0.26	0.93	0.82	0.82	0.77	0.90	0.86	0.86	0.55	0.85	0.66	0.77	1.00	0.68	0.66		
Zr	-0.7	0.7	0.72	0.63	-0.60	0.66	0.42	0.69	0.71	-0.72	0.68	0.71	0.68	0.40	0.75	0.55	0.84	0.76	0.67	0.79	0.79	0.65	0.65	0.64	0.66	0.68	1.00	0.65		
Nb	-0.9	0.9	0.85	0.80	-0.82	0.63	0.37	0.87	0.87	-0.88	0.81	0.61	0.83	0.39	0.84	0.68	0.89	0.87	0.77	0.85	0.86	0.84	0.82	0.66	0.74	0.66	0.65	1.00		

**Tabela VI.1-8** - Valores dos Factor1 e do Factor2 para as diferentes variáveis consideradas na Análise Factorial.

Factor Loadings (Varimax raw)(MxH-sed-GQ-lagoa-dados.S Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000)		
Variable	Factor 1	Factor 2
>63	-0,9052	-0,35539
<63	0,9052	0,35539
Siltes	0,9016	0,37596
Argilas	0,8621	0,19987
pH	-0,9020	-0,08185
MO	0,7811	0,19000
CaCO <sub>3</sub>	0,0682	0,98530
Mg	0,9376	0,27243
Al	0,9581	0,20332
Si	-0,9165	-0,33583
S	0,8916	0,29684
Cl	0,8303	0,21018
K	0,9310	0,21844
Ca	0,1034	0,98302
Ti	0,9241	0,30312
Cr	0,6458	0,49542
Mn	0,8765	0,40617
Fe	0,9559	0,25412
Ni	0,9618	0,04867
Cu	0,9390	0,31475
Zn	0,9536	0,26695
Br	0,8205	0,17640
Rb	0,9583	0,16831
Sr	0,5537	0,81098
Y	0,9758	-0,12234
Zr	0,8105	0,21907
Nb	0,6919	0,36401
Pb	0,8129	0,31723
Expl.Var	19,9400	4,57508
Prp.Totl	0,7121	0,16339



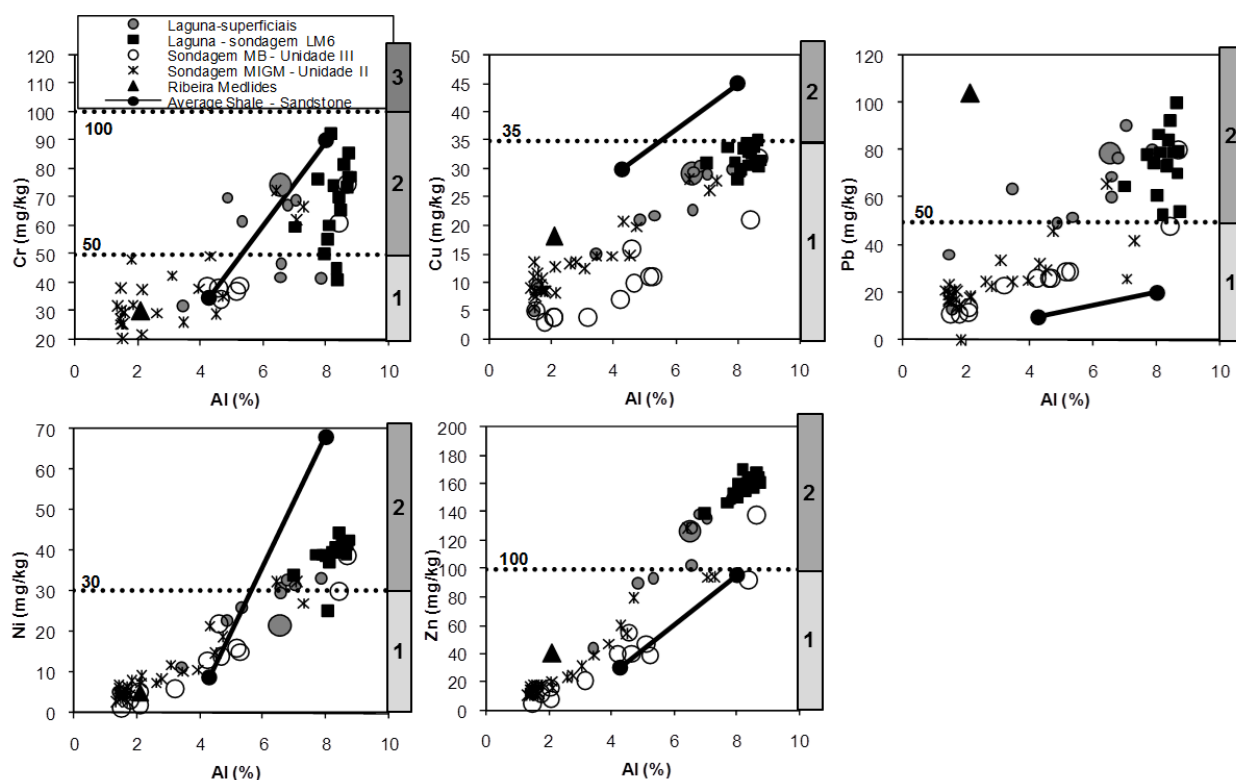
**Figura VI.1-20** - Gráfico Factor1 versus Factor2 da Análise Factorial considerando 28 variáveis (sedimentologia e geoquímica).

Uma das formas de averiguar se existe enriquecimento (“contaminação”) dos sedimentos relativamente ao teor de metais pesados é comparando os teores obtidos com os de materiais de referência internacionais considerados sem contaminação. Face à variabilidade textural dos sedimentos da Lagoa de Melides, é necessário escolher entre os disponíveis um equivalente textural dos materiais vasosos e arenosos. Neste caso, optou-se por fazer a comparação com o “Average Shale” e com o “Sandstone” (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984), respectivamente. Os metais utilizados para esta comparação foram o Cr, Cu, Pb, Ni e Zn, revelando que os sedimentos lagunares se encontram enriquecidos em Pb e Zn e empobrecidos em Cu, independentemente da textura do sedimento (**Figura VI.1-21**). Efectivamente, os Factores de Enriquecimento (calculados relativamente ao Average Shale e ao Sandstone e normalizados com o Al - **Figura VI.1-22**) confirmam os teores elevados dos dois elementos referidos, salientando-se o Pb com FE entre 3,6 e 10,9.

Na comparação com valores de referência internacional, corre-se o risco de identificar “falsas contaminações”, podendo as concentrações lagunares, mesmo que elevadas, reflectir a geoquímica das litologias regionais, pelo que a comparação com valores de referência locais (“background” regional) é sempre preferível. Os valores de referência local devem ser obtidos em sedimentos análogos aos do actual sistema lagunar. Deste modo, a existência da caracterização geoquímica de uma sondagem “curta”



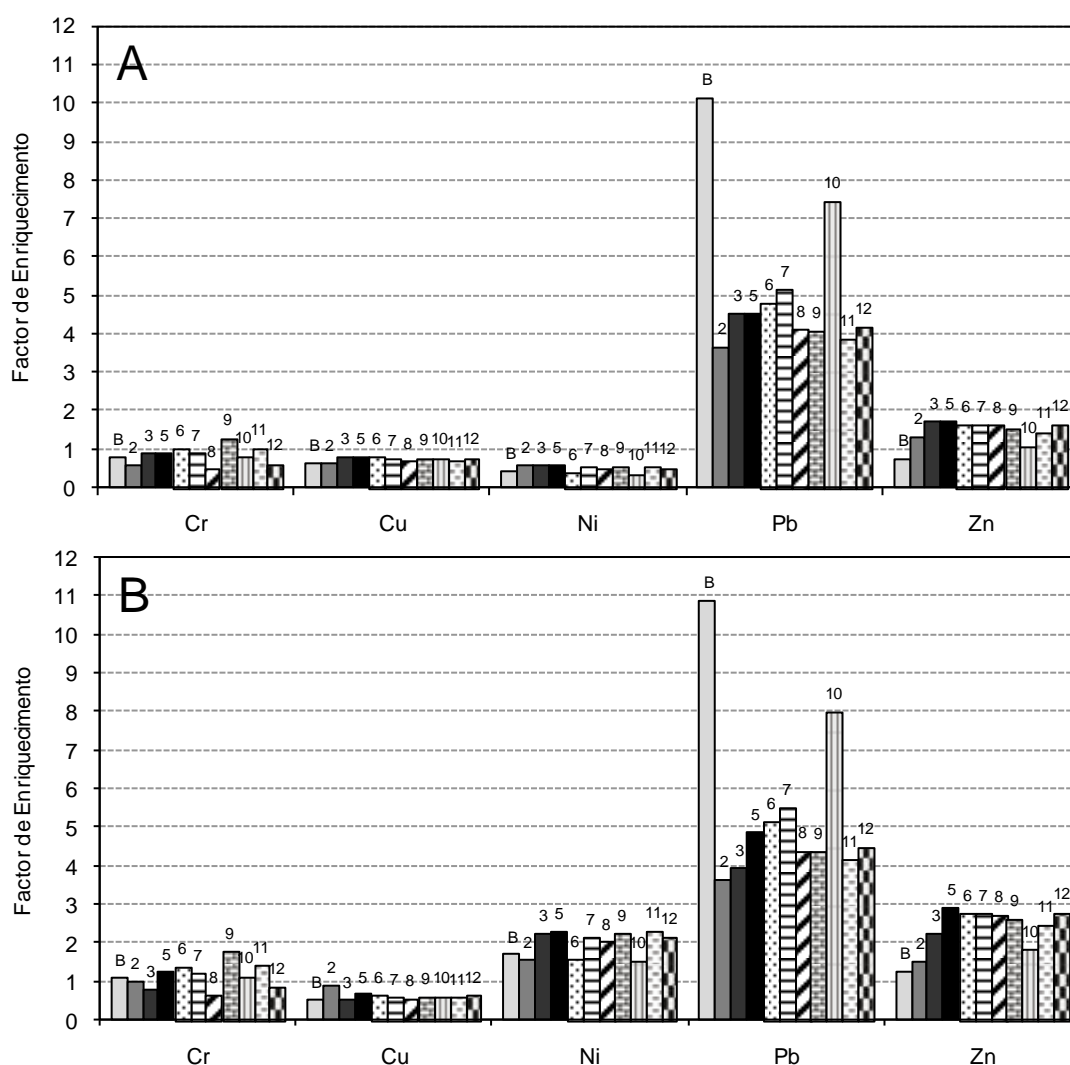
colhida em 2003 no local da estação 6 (ver ponto VI.1.1.2 MESO-ESCALA) e de duas sondagens “longas” (sondagem MB e MIGM - ver ponto VI.1.1.3 MACRO-ESCALA) podem servir de base geoquímica pré-antrópica. Na primeira encontram-se 81cm de sedimentação lagunar, cujas taxas de sedimentação (calculadas para o topo da sondagem através do método de datação  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ , e para a base com recurso a datações de  $^{14}\text{C}$ ) indicam que esta coluna de sedimentos corresponderá à sedimentação dos últimos três séculos (idade da base da sondagem = final do século XVII - 1690).



**Figura VI.1-21** - Metal versus Al de sedimentos superficiais lagunares (campanha H - 26/6/2003, o círculo cinzento de maiores dimensões corresponde à estação 6, onde também foi recolhida a sondagem LM6) e fluviais, da sondagem LM6 (sondagem “curta”) e das sondagens MB e MIGM (das unidades marinho/estuarinas das sondagens “longas”). As concentrações são comparadas com os valores de referência internacionais de materiais considerados não contaminados (Average Shale, Sandstone) e com os limites estabelecidos para as diferentes classes de qualidade (barras laterais verticais à esquerda dos gráficos) referidas na legislação portuguesa (Portaria 1450, 2007 - ver Capítulo II).

Nas sondagens “longas” MB e MIGM podem ser consideradas as unidades III e II, respectivamente, que correspondem a depósitos de ambientes estuarinos/lagunares (que na espessa sequência holocénica se correlacionam com paleoambientes cujas características são as mais próximas das actuais), acumulados aproximadamente entre 9000-7900 anos cal BP e 6300-3400 anos cal BP, respectivamente. Esta comparação permite tecer considerações mais rigorosas e precisas sobre uma eventual contaminação dos sedimentos lagunares em metais pesados. A projecção dos valores da concentração do metal versus Al de todas as amostras (actuais e pré-antrópicas) é utilizada para se eliminar o efeito textural dos sedimentos na concentração dos metais pesados (**Figura VI.1-21**). A visualização dos gráficos indica que as

concentrações “de fundo” regional, mesmo nas amostras com teores elevados de Al, já apresentavam no passado valores da mesma ordem de grandeza dos registados actualmente, sugerindo que estas concentrações actuais correspondem às concentrações naturais do sistema, não se detectando sinais de elevado enriquecimento antrópico. No entanto, no caso do Pb e do Zn os materiais superficiais e algumas amostras da sondagem “curta” parecem estar ligeiramente acima das concentrações obtidas nos equivalentes texturais do registo fóssil (unidade III em MB e unidade II em MIGM), pelo que se pode inferir um ligeiro enriquecimento nestes dois elementos químicos. No caso do Pb aponta-se um acréscimo proveniente da sua dispersão atmosférica via queima de combustíveis fósseis, enquanto no caso do Zn, as principais causas podem dever-se aos fluxos antrópicos de matéria orgânica (humana - esgotos e animal - estrumes) para a laguna de Melides.



**Figura VI.1-22** - Factores de Enriquecimento normalizados com o Al e calculados relativamente aos materiais de referência internacionais - Average Shale (A), Sandstone (B) - considerados não contaminados e análogos texturais dos sedimentos vasosos e arenosos, respectivamente.

Os teores obtidos nos sedimentos da Lagoa de Melides foram ainda comparados com os intervalos considerados na legislação portuguesa para a classificação de materiais dragados de acordo com o grau de “contaminação” (Portaria 1450/2007 de 12 de Novembro, do Decreto-Lei nº. 226-A/2007, de 31 de Maio), onde se estabelecem cinco classes de contaminação desde sedimentos considerados “limpos” - classe 1, a “muito contaminados” - classe 5 (*Tabelas VI.1-9 e VI.1-10*). Esta comparação (*Figura VI.1-21*), revela que os materiais lagunares apresentam concentrações que os colocam na Classe 1 relativamente ao Cu mas os posicionam na Classe 2, relativamente aos restantes metais analisados (*Figura VI.1-21*), correspondendo a “material dragado com contaminação vestigial”, salientando-se, mais uma vez, que correspondem ou se aproximam das concentrações naturais do sistema.

**Tabela VI.1-9** - Classificação dos materiais de acordo com o grau de contaminação: metais e compostos orgânicos (os teores são determinados na fracção <2 mm).

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
<b>P total</b>	<b>mg/kg</b>					
<b>PCB</b>	<b>µg/kg</b>	<5	5-25	25-100	100-300	>300
<b>PAH</b>	<b>µg/kg</b>	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
<b>HCB</b>	<b>µg/kg</b>	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50
<b>As</b>	<b>mg/kg</b>	<20	20-50	50-100	100-500	>500
<b>Cd</b>	<b>mg/kg</b>	<1	1-3	3-5	5-10	>10
<b>Pb</b>	<b>mg/kg</b>	<50	50-150	150-500	500-1000	>1000
<b>Cu</b>	<b>mg/kg</b>	<35	35-150	150-300	300-500	>500
<b>Hg</b>	<b>mg/kg</b>	<0,5	0,5-1,5	1,5-3,0	3,0-10	>10
<b>Ni</b>	<b>mg/kg</b>	<30	30-75	75-125	125-250	>250
<b>Zn</b>	<b>mg/kg</b>	<100	100-600	600-1500	1500-5000	>5000
<b>Cr</b>	<b>mg/kg</b>	<50	50-100	100-400	400-1000	>1000

**Tabela VI.1-10** - Classes de qualidade (graus de “enriquecimento”) e forma de eliminação dos materiais dragados (recomendações).

CLASSES	DESCRIÇÃO
<b>1</b>	<b>MATERIAL DRAGADO LIMPO</b> Pode ser depositado no meio aquático ou reposto em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas.
<b>2</b>	<b>MATERIAL DRAGADO COM CONTAMINAÇÃO VESTIGIAL</b> Pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo.
<b>3</b>	<b>MATERIAL DRAGADO LIGEIRAMENTE CONTAMINADO</b> Pode ser utilizado para terraplenos ou no caso de imersão necessita de estudo aprofundado ao local de deposição e monitorização posterior do mesmo.
<b>4</b>	<b>MATERIAL DRAGADO CONTAMINADO</b> Deposição em terra, em local impermeabilizado, com a recomendação de posterior cobertura de solos impermeáveis
<b>5</b>	<b>MATERIAL MUITO CONTAMINADO</b> Idealmente não deverá ser dragado, e em caso imperativo, deverão os dragados ser encaminhados para tratamento prévio e ou deposição em aterro de resíduos devidamente autorizado, sendo proibida a sua imersão.

## ▪ Ecologia

A caracterização ecológica da Lagoa de Melides não é um dos objectivos do presente estudo. No entanto, deixa-se na **Tabela VI.1-6** todas as referências conhecidas após pesquisa o mais exaustiva possível dos estudos conhecidos efectuados neste ambiente, por se julgarem pertinentes para a discussão.

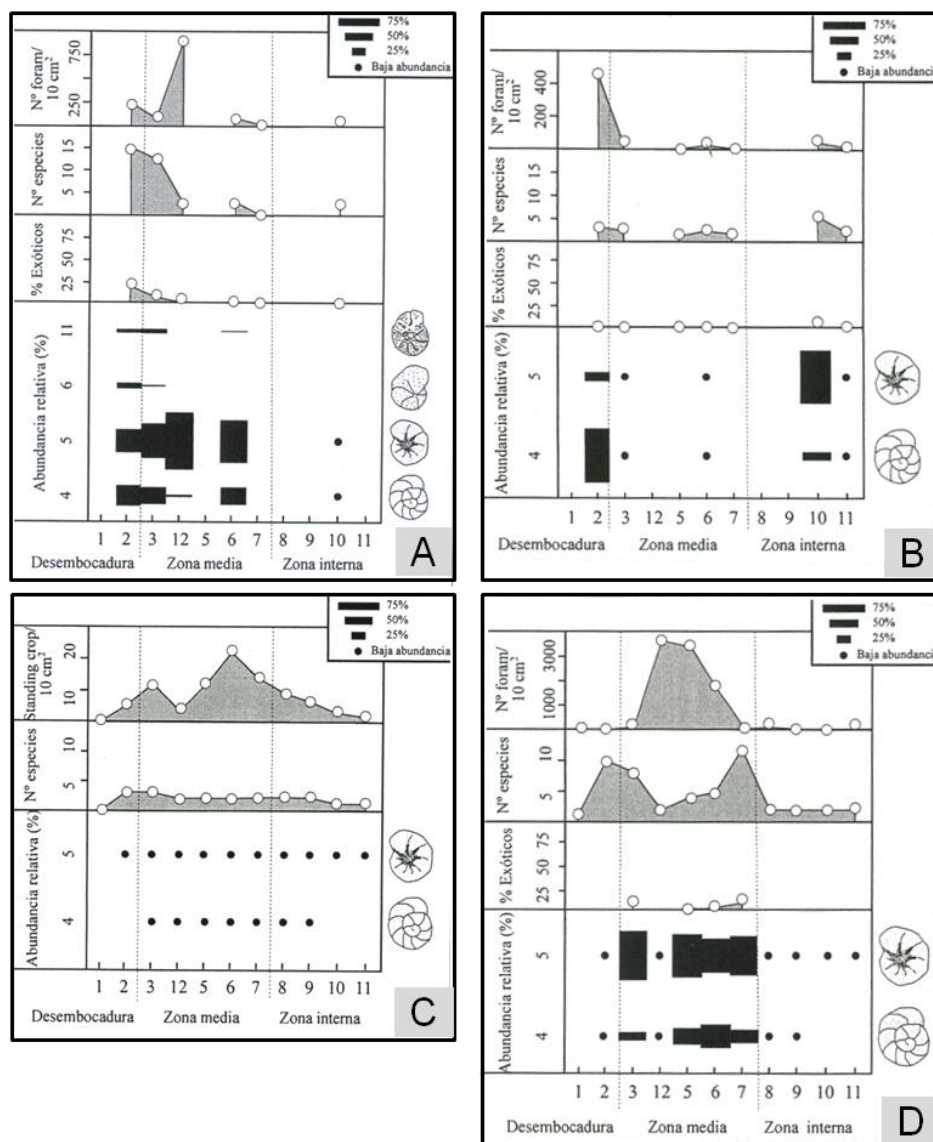
Não obstante a diversidade dos estudos científicos efectuados na laguna de Melides, dar-se-á especial ênfase ao estudo e às conclusões obtidas com base na caracterização das populações de foraminíferos e de nanoplâncton calcário existentes nos sedimentos do fundo lagunar por constituírem dois indicadores que também foram utilizados para o estudo a meso e macro-escala temporal, permitindo a conjugação de toda a informação (sedimentológica, geoquímica e paleoecológica) a construção de um modelo de evolução (paleo)ambiental para a laguna de Melides. Este conhecimento da dinâmica actual do sistema é de extrema importância para a compreensão da sua evolução com base no registo geológico (sondagens). As considerações que a seguir se apresentam baseiam-se nos dados dos foraminíferos (ALDAY, 2004) e do nanoplâncton calcário (RAMALHO, em preparação).

A caracterização das associações de foraminíferos nos sedimentos superficiais foi obtida em três campanhas (duas efectuadas em 2000 - campanhas B e E; uma efectuada em 2003 - campanha H - ALDAY, 2004 - **Figura VI.1-23**) sempre realizadas em situação de barra de maré fechada (**Tabela VI.1-6**), embora em circunstâncias da dinâmica anual muito diferenciadas (as duas primeiras discutidas em CRUCES, 2001, a última no presente estudo):

- Campanha B, a 29/2/2000 - cerca de um ano após o encerramento da barra de maré e 22 dias antes da abertura artificial em Março de 2000, pelo que corresponde a uma amostragem após época de Inverno apresentando a laguna elevada cota do plano de água lagunar (espessura do hidrossoma nas estações amostradas entre 2,60 a 5,30m) e hidrossoma estratificado com *hipolimnion* salino e anóxico;
- Campanha E, a 28/4/2000 - 3 dias após o encerramento da barra de maré que permaneceu activa apenas 3 dias, pelo que corresponde a uma amostragem em que a laguna tinha reduzida espessura da coluna de água lagunar (0,25 a 2,80m), após curto período de intercâmbio com o meio marinho. Saliente-se que o tempo de barra activa e a quantidade de água salgada entrada foram insuficientes para completa homogeneização da massa de água que se apresentava nesta campanha parcialmente estratificada, com gradiente salino longitudinal para montante acentuado, embora tendo melhorado as condições de anoxia junto ao fundo;
- Campanha H, a 26/6/2003 - 3 meses após o encerramento da barra de maré e 13 dias antes da abertura artificial efectuada na época estival motivada pela ocorrência de uma crise distrófica no início de Julho (**Tabelas VI.1-5, VI.1-6**).

ALDAY (2004) nas conclusões do seu estudo a micro-escala da laguna de Melides revela que a abundância absoluta de foraminíferos bentónicos é moderada (em média 472 foraminíferos/10 cm<sup>2</sup>), sobretudo na zona central e que a diversidade de espécies, é em média, muito baixa (3 espécies por amostra). Em todas as campanhas realizadas as espécies dominantes são *Haynesina germanica* (64 % em média) e *Ammonia Beccarii* (29 % em média) (**Figura VI.1-23**), tratando-se de uma associação típica de

ambiente salobro e muito restrito, condicionado pelas frequentes aberturas da barra de maré. No entanto, deve aqui salientar-se que na 1ª campanha para além das espécies dominantes já referidas, a autora identificou nas estações mais próximas da barra de maré (2 e 3) a presença de espécies de ambientes mais salinos (*Elphidium oceanensis* e *Cibicides lobatulus*) (Figura VI.1-23A).



**Figura VI.1-23** - Resultado do estudo das associações de foraminíferos nos sedimentos de fundo da laguna de Melides (imagens adaptadas de ALDAY, 2004).

Abundância absoluta, diversidade específica, presença de elementos exóticos (diga-se de maior afinidade marinha) e distribuição e abundância relativa das espécies de maioritárias de foraminíferos na associação:

A - total, durante a campanha B (29/2/2000), ≈1 ano após o encerramento da barra de maré;

B - total, durante a campanha E (28/4/2000), 3 dias após o encerramento da barra de maré;

C - viva, durante a campanha H (26/6/2003), 3 meses após o encerramento da barra de maré;

D - morta, durante a campanha H (26/6/2003), 3 meses após o encerramento da barra de maré.

(4 - *Ammonia beccarii*; 5 - *Haynesina germanica*; 6 - *Cibicides lobatulus*; 11 - *Elphidium oceanensis*).

Esta observação vem confirmar a zona vestibular como a região lagunar sob maior influência oceânica, conclusão já obtida por outros indicadores (qualidade da água lagunar e geoquímica dos

sedimentos lagunares). Surpreendentemente a 2ª campanha (**Figura VI.1-23B**), após um período de barra aberta é, das três campanhas, aquela onde se detecta a menor abundância (630 foraminíferos/10cm<sup>2</sup>) e diversidade (5 espécies). Embora a autora não justifique este comportamento, julga-se que poderá resultar da situação de enorme *stress* ambiental que ocorre na sequência da abertura da barra de maré e que o escasso período de 3 dias será insuficiente para a regeneração/desenvolvimento da associação de foraminíferos típica de um ambiente costeiro menos restrito.

O estudo do conteúdo em nanoplâncton calcário efectuado por RAMALHO (em preparação) ao longo de 7 campanhas no ano 2000, embora todas efectuadas em ausência de barra de maré, pretendeu referenciar diferentes condições na dinâmica anual deste sistema lagunar. As duas primeiras campanhas (A e B) foram efectuadas após a época de Inverno e no final de um longo período de barra fechada. As campanhas C e D, foram efectuadas 1 e 9 dias após o encerramento da barra de maré, cuja abertura artificial foi efectuada a 22/3/2000 (1ª abertura), tendo permanecido a barra activa apenas por 2 dias. A campanha E ocorreu após um novo período de trocas entre o meio lagunar e o oceano (3 dias - 2ª abertura) e 3 dias após o encerramento natural da barra de maré. Após o terceiro período de contacto da laguna com o mar em 2000 (3ª abertura) realizaram-se as campanhas F e G cerca de 3 e 6 meses após o encerramento da barra (**Tabela VI.1-6**).

Os resultados mostraram um número de cocólitos baixo em Janeiro de 2000 (campanha A), encontrando-se os valores mais elevados na região vestibular (estação 3: 16 exemplares) e no canal de enchente posicionado encostado à margem sul (estações 5 e 10, com 7 e 14 exemplares, respectivamente). A presença destas partículas representa o remanescente entrado durante um anterior período de barra aberta ou através de galgamento oceânico da barreira arenosa.

No final da época de Inverno e mantendo-se a barra de maré encerrada (campanha B) regista-se na maior parte das estações ausência destes indicadores, com apenas 5 exemplares nas estações 3 e 6.

A 1ª abertura da barra de maré em Março/2000 veio permitir a entrada de partículas finas de origem marinha (nanoplâncton calcário), enriquecendo os sedimentos lagunares neste indicador. Note-se que foram necessários apenas 2 dias de trocas com o oceano para que, 1 dia após o encerramento da barra (campanha C) se registassem valores elevados (máximos de 54) associados às estações posicionadas/próximas do canal de enchente (estações 5, 6, 10); nas estações da região vestibular o elevado hidrodinamismo não permitiu a deposição de material fino marinho.

A partir do encerramento da barra de maré os sedimentos vão empobrecendo neste “sinal” e bastam apenas 9 dias (campanha D) para que registre importante redução no número de exemplares presentes nos sedimentos de fundo.

A 2ª abertura, em Abril/2000, que manteve por 3 dias a laguna em contacto com o mar foi suficiente para incrementar o sinal (campanha E) para máximos de 226 e 63 exemplares nas estações 2 e 3, respectivamente, enquanto no restante espaço lagunar os valores eram inferiores a 15 exemplares.

Esta abertura, juntamente com uma 3ª (Maio/2000), e embora o tempo de ligação da laguna ao mar fosse reduzido (3 e 2 dias, respectivamente), foi importante para permitir a entrada de abundante quantidade de material fino de origem marinha, pois 3 meses (campanha F) após o encerramento da barra

de maré eram ainda quantificados na estação 3, 33 exemplares e 9 meses depois (campanha G) este valor diminuía para 15 exemplares, enquanto na estação 2 (mais a oeste) se registavam 79 exemplares.

É pois importante perceber que o dinamismo barra aberta/fechada e o hidrodinamismo (parâmetro textural) regulam a distribuição e abundância deste indicador de afinidade marinha no sistema lagunar de Melides. Estas considerações que devem ser ponderadas na interpretação à macro-escala temporal.

### VI.1.1.1.3 Sistema Continental

#### A) *Sedimentologia*

Os resultados texturais e composicionais dos sedimentos fluviais indicam que estes são cascalheiras arenosas, compostas por 70 % de balastros (fracção >2 mm), desprovidas de matéria orgânica e carbonato de cálcio. A análise granulométrica da componente grosseira arenosa (fracção entre 63 µm e 2 mm = -3 φ) revela que as partículas são muito grosseiras, muito mal calibradas, e com curva de distribuição assimétrica negativa. Composicionalmente, os sedimentos fluviais são heterogéneos, destacando-se a presença de quartzo e litoclastos de grauvaques, xistos e quartzitos.

#### B) *Geoquímica*

A análise geoquímica efectuada na fracção <2 mm dos materiais fluviais confirmam o seu empobrecimento em componente fina (**Figura VI.1-19**). Efectivamente, o seu teor de Al é muito baixo (2,1 %) e o de Si muito elevado (42 %), encontrando-se empobrecidos nos elementos químicos terrígenos associados à fracção fina dos sedimentos lagunares (Fe, K, Mn, Rb, Nb, Y, Zr), confirmando a hipótese (já avançada aquando da discussão dos sedimentos lagunares) que é efectivamente a componente fina do sedimento a portadora de grande parte dos elementos terrígenos.

No entanto, comparativamente com os materiais lagunares, revelam teores elevados de Ti, desconhecendo-se à data o suporte mineralógico responsável. É igualmente nos sedimentos fluviais que se encontra o valor mais elevado de Pb (104 mg/kg), sem se encontrar justificação imediata. Note-se que FERREIRA (2000) ao estudar as concentrações de Pb nos sedimentos de corrente em Portugal (Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal) encontrou teores médios a elevados na região das lagunas de Melides e Santo André (ver ANEXO III.1 - tópico: Geoquímica dos Sedimentos), aos quais o autor associou como causa principal a proximidade a centros urbanos.

Relativamente à presença dos elementos considerados com afinidade marinha (Br, Cl e S), os sedimentos fluviais encontram-se empobrecidos, apresentando os teores mais baixos de todos os materiais superficiais analisados.



## VI.1.1.2 MESO-ESCALA

### VI.1.1.2.1 Sondagens “curtas”

#### A) *Sedimentologia*

A visualização macroscópica da sequência sedimentar de 82 cm recolhida no local da estação 6, a 26 de Junho de 2003, revela uma sequência homogénea de vasas cinzentas. Texturalmente, e de acordo com a classificação de FLEMMING (2000), os materiais correspondem maioritariamente a vasas com raras intercalações de vasas pouco arenosas, nomeadamente nos níveis entre 7-11 cm, 57-58 cm e 62-63 cm (**Figura VI.1-24**), não excedendo a fracção superior a  $63\ \mu\text{m}$  13,4 %. A projecção dos sedimentos no diagrama textural triangular de Flemming posiciona-os maioritariamente na classe E-II, correspondendo a siltes pouco argilosos (**Figura VI.1-25**). Do ponto de vista hidrodinâmico esta classificação, que tem a percentagem de “areia” ( $= >63\ \mu\text{m}$ ) como principal discriminador em oposição à percentagem de vasa (“silte+argila”  $= <63\ \mu\text{m}$ ), sugere uma sedimentação em ambiente de baixo hidrodinamismo. Efectivamente, o local da sondagem situado em pleno depocentro lagunar, afastado do canal de maré, corresponde a um local de sedimentação calma.

Embora macroscopicamente a sequência se revele relativamente homogénea, os resultados das análises sedimentológicas mostram diferenças que merecem ser realçadas.

Nos primeiros 15-20 cm assiste-se à diminuição do teor de matéria orgânica que passa de valores de cerca de 14 % para 6 % (obtidos pelo método de incineração - mufla). Os teores elevados dos 10 cm mais superficiais (% MO > 12,5 %) conduzem a ligeira acidificação dos sedimentos, produzindo a descida do pH, para valores entre 7,38-7,48, adquirindo os sedimentos características neutras (**Figura VI.1-24**). Abaixo dos 10 cm sofre pequenas oscilações no teor de matéria orgânica (teor que nunca excede 12 %), permanecendo os sedimentos com características subalcalinas na totalidade da sondagem. Note-se que os resultados do teor de matéria orgânica obtidos por dois métodos distintos (titulação e incineração - ver capítulo V. Métodos) não devolvem os mesmos valores absolutos mas a variação em profundidade é idêntica (**Figura VI.1-24**). O método de incineração (mufla) devolve geralmente valores mais elevados; as diferenças, não sendo superiores a 4 %, são mais acentuadas nos sedimentos ricos em matéria orgânica, sugerindo que o método da titulação não quantifica a totalidade da componente orgânica do sedimento (oxidação incompleta de compostos orgânicos quimicamente mais resistentes). A dimensão das partículas orgânicas é diversa, mas apresenta forte afinidade com a fracção  $>63\ \mu\text{m}$  do sedimento, com a qual apresenta uma correlação de  $r=0,67$ , enquanto na fracção  $<63\ \mu\text{m}$  se parece concentrar nos siltes muito grosseiros ( $32-16\ \mu\text{m}$ ,  $r=0,37$ ) e grosseiros ( $32-16\ \mu\text{m}$ ,  $r=0,31$ ), encontrando-se empobrecida nas fracções menores (**Tabela VI.1-11**). Note-se que quando o sedimento empobrece em matéria orgânica regista-se um aumento da componente argilosa, dos siltes muito finos e finos e vice-versa (**Figura VI.1-24**).

Salienta-se o ligeiro incremento do teor da matéria orgânica entre 45-60 cm em simultâneo com o empobrecimento da componente detrítica mineral e bioclástica.

A componente carbonatada dos sedimentos tem uma distribuição variada ao longo do testemunho sedimentar. Os teores máximos (4,6-9,3 %) são registados entre os 7-11 cm, sendo considerados elevados e

provavelmente os responsáveis pelos elevados teores de partículas  $>63 \mu\text{m}$ . Destacam-se ainda mais duas zonas de abundância (23-46 cm, 66-80 cm) sem no entanto ultrapassar 5 %, sendo por isso consideradas concentrações moderadas a baixas (**Figura VI.1-24**).

A observação à lupa binocular permitiu caracterizar a fracção grosseira dos sedimentos (**Figura VI.1-24**). A fracção detrítica mineral é dominada por grãos de quartzo hialino e leitoso, sendo a presença de moscovite contínua mas sempre em concentrações inferiores a 1 %. Na componente biológica predominam os bioclastos carbonatados e os resíduos orgânicos. Nos primeiros identificaram-se fragmentos de bivalves, valvas de ostracodos, foraminíferos, gastrópodes, enquanto nos segundos marcam presença fibras orgânicas, sementes, caules, entre outros.

Do ponto de vista sedimentológico, após revisão cuidada dos parâmetros analisados, e embora os materiais do testemunho sejam muito homogêneos, a variação do teor de carbonato de Ca e de matéria orgânica, principalmente na fracção grosseira do sedimento observada à lupa binocular, revelam variações que embora pequenas podem servir para salientar diferentes condições de sedimentação ao longo do tempo na laguna de Melides. Deste modo, propõe-se a divisão em cinco etapas de sedimentação (unidades I a V - **Figura VI.1-24**) que correspondem a períodos alternados de sedimentação vasosa menos orgânica onde é mais abundante a componente bioclástica carbonatada (unidades I, III e V, embora esta última seja mais rica em matéria orgânica e em componente minenogénica que as duas anteriores), com outros onde a vasa se enriquece em matéria orgânica e se assiste ao desaparecimento da componente bioclástica carbonatada (unidades II e IV). Estas pequenas oscilações nas características texturais e composicionais podem corresponder a períodos alternados onde predominam características mais salobras associadas a maior coluna de água (troços com maior componente carbonatada e menos orgânica) com outros períodos de menor espessura da coluna de água em que se assiste a uma maior produção de matéria orgânica *in situ* (macroalgas e macrófitas, processo análogo ao actual) e a uma diminuição dos carbonatos biogénicos. A existência de outros indicadores (geoquímicos e paleoecológicos) estudados na mesma sondagem podem ajudar a melhorar a interpretação agora apresentada (a discutir mais à frente).

O enriquecimento na componente orgânica nos 10 cm superficiais, que conduzem à diminuição do pH, pode resultar do processo de decomposição incipiente da matéria orgânica nos sedimentos mais recentes.

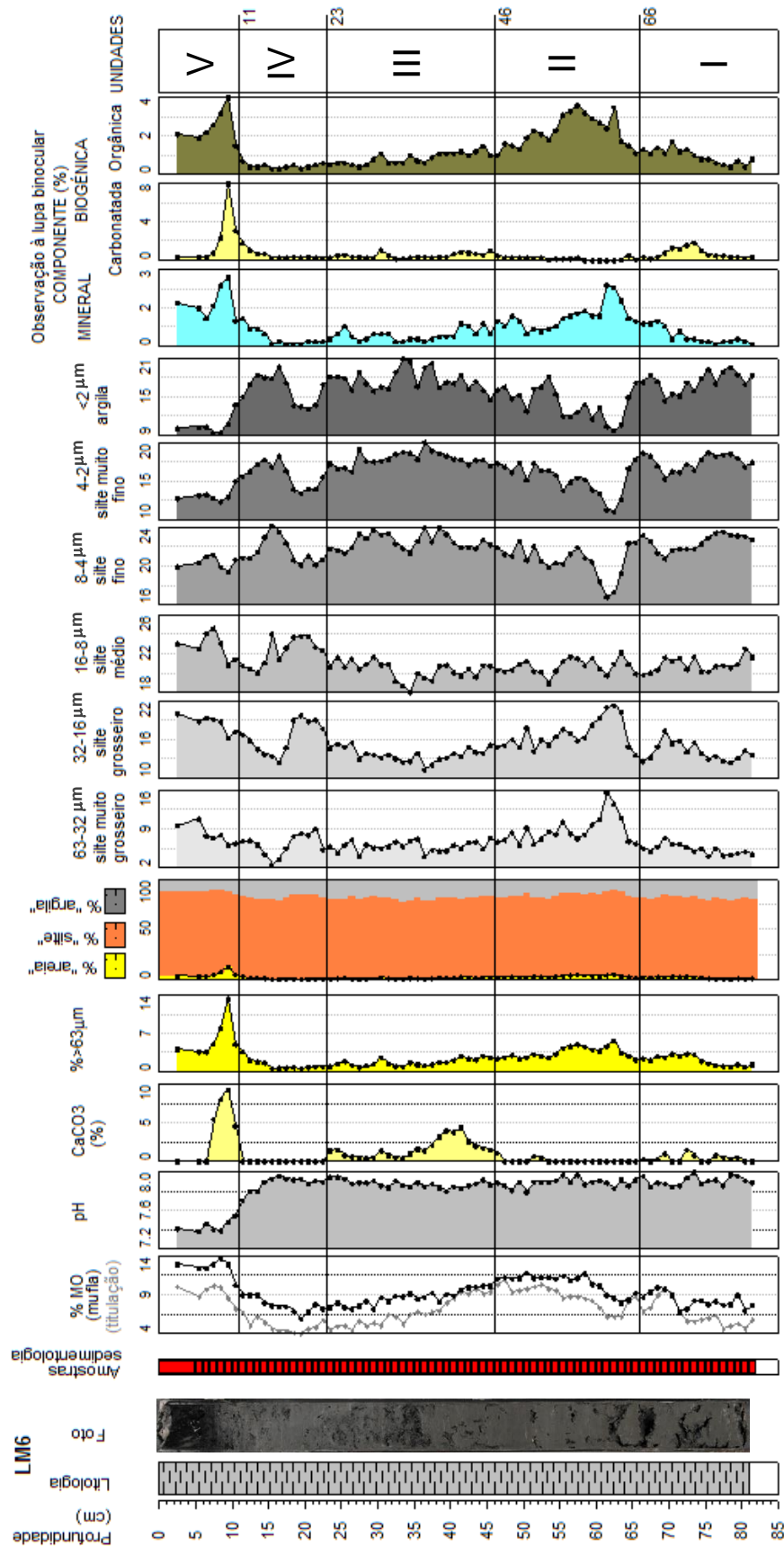


Figura VI.1-24 - Log, foto, amostragem para estudo sedimentológico e perfis verticais dos parâmetros texturais e composicionais do testemunho sedimentar LM6. As percentagens quantificadas dos diferentes componentes da fracção >63µm observados à lupa binocular, foram convertidas para a percentagem desta fracção na amostra total com base na percentagem da fracção >63µm.

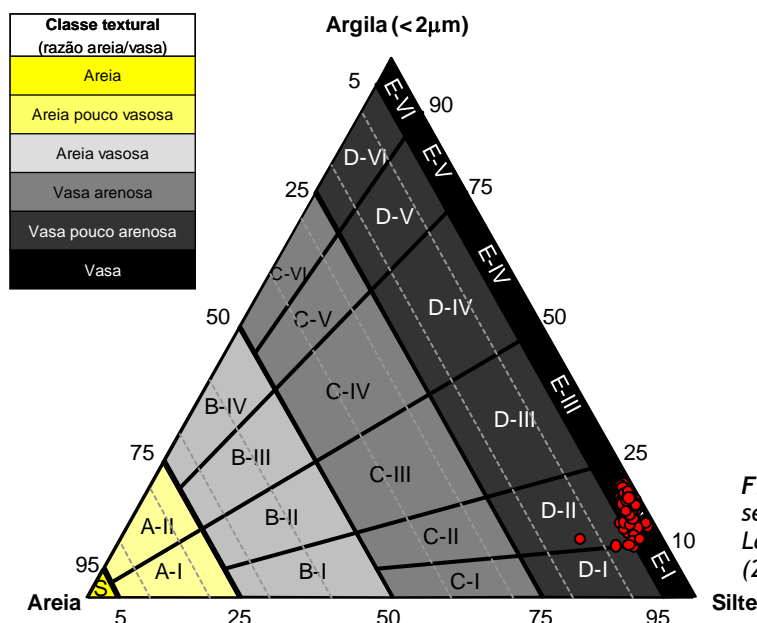


Figura VI.1-25 - Classificação textural dos sedimentos lagunares da sondagem LM6 da Lagoa de Melides, adaptado de FLEEMING (2000).

Tabela VI.1 - 11 - Parâmetros de correlação dos componentes texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem LM6 da Lagoa de Melides.

Variable	Correlations (LM6-sed-dados.STA) Marked correlations are significant at p < .05000 N=78 (Casewise deletion of missing data)											
	>63	<63	Siltes	Argilas	pH	MO	CaCO3	63-32	32-16	16-8	8-4	4-2
>63	1.0	-1.0	0.04	-0.62	-0.57	0.67	0.57	0.42	0.45	0.09	-0.56	-0.60
<63	-1.0	1.0	-0.04	0.62	0.57	-0.67	-0.57	-0.42	-0.45	-0.09	0.56	0.60
Siltes	0.0	-0.0	1.00	-0.81	-0.25	0.11	-0.26	0.65	0.80	0.71	-0.44	-0.72
Argilas	-0.6	0.6	-0.81	1.00	0.52	-0.47	-0.14	-0.75	-0.89	-0.61	0.67	0.91
pH	-0.6	0.6	-0.25	0.52	1.00	-0.62	-0.52	-0.24	-0.40	-0.35	0.30	0.47
MO	0.7	-0.7	0.11	-0.47	-0.62	1.00	0.35	0.37	0.31	-0.01	-0.38	-0.37
CaCO3	0.6	-0.6	-0.26	-0.14	-0.52	0.35	1.00	-0.13	-0.03	0.03	-0.03	-0.09
63-32	0.4	-0.4	0.65	-0.75	-0.24	0.37	-0.13	1.00	0.82	0.10	-0.87	-0.80
32-16	0.5	-0.5	0.80	-0.89	-0.40	0.31	-0.03	0.82	1.00	0.57	-0.86	-0.97
16-8	0.1	-0.1	0.71	-0.61	-0.35	-0.01	0.03	0.10	0.57	1.00	-0.13	-0.58
8-4	-0.6	0.6	-0.44	0.67	0.30	-0.38	-0.03	-0.87	-0.86	-0.13	1.00	0.85
4-2	-0.6	0.6	-0.72	0.91	0.47	-0.37	-0.09	-0.80	-0.97	-0.58	0.85	1.00

## B) Geoquímica

### ▪ Geocronologia (Isótopos de Pb e Cs e datações com $^{14}\text{C}$ )

A sondagem destinada à caracterização geoquímica (química elementar e isotópica:  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ) dos sedimentos lagunares de Melides corresponde a uma réplica da sondagem LM6 (LM6-1), com 81 cm de comprimento, enquanto a LM6-2 (82 cm) se destinou ao estudo sedimentológico e a LM6-3 (88 cm) ao estudo paleoecológico (Diatomáceas e Foraminíferos). Nesta sondagem foram seleccionadas 16 amostras para caracterização geoquímica e 13 para enquadramento geocronológico usando os isótopos de  $^{210}\text{Pb}$  e

$^{137}\text{Cs}$ . Na réplica LM6-3, foram seleccionadas três amostras para datação pelo método radiocarbono  $^{14}\text{C}$  (**Tabela VI.1-12**).

A análise conjunta dos perfis verticais do excesso do  $^{210}\text{Pb}$  e do radionuclídeo artificial  $^{137}\text{Cs}$  permite a obtenção de taxas de sedimentação através de dois isótopos independentes. O perfil da variação do excesso de  $^{210}\text{Pb}$  parece “perturbado” para profundidades superiores a 13,75 cm (amostra 13,0 - 14,5 cm), provavelmente como consequência da incorporação de material mais recente, principalmente entre os 22 e os 33 cm (**Figura VI.1-26A**), impedindo a extrapolação da taxa de sedimentação para profundidades superiores a 13,75 cm. Deste modo, e utilizando o  $^{210}\text{Pb}$  e considerando-se as cinco amostras do topo, obtém-se uma taxa de sedimentação de 2,4 mm/ano, para o período mais recente do espaço lagunar. Esta taxa de sedimentação permite estimar a idade das cinco amostras mais superficiais (**Figura VI.1-26A**), podendo afirmar-se que os 14 cm do topo corresponderão à sedimentação aproximadamente dos últimos 50 anos do século XX.

Utilizando a informação do perfil da concentração do  $^{137}\text{Cs}$ , verifica-se que o máximo registado a 8,0-9,5 cm (profundidade média = 8,75 cm), possivelmente corresponderá ao máximo da dispersão atmosférica deste radionuclídeo artificial durante o auge dos ensaios nucleares conduzidos durante a década de 60 do século XX, no hemisfério norte (“pico” em 1963 - GEYH & SCHLEICHER, 1990; APPLEBY, 2001) (**Figura VI.1-26B**). Este permite inferir uma taxa de sedimentação de 2,2 mm/ano, para a sedimentação mais recente, valor na mesma ordem de grandeza do obtido com o isótopo natural ( $^{210}\text{Pb}$ ).

Tendo em conta a taxa de sedimentação obtida para os primeiros 14 cm e extrapolando, no caso do  $^{137}\text{Cs}$  para baixo do pico de 1963, obtém-se a profundidade de 11,3 cm como correspondendo ao ano de 1954, período em que se iniciaram em grande escala os testes dos ensaios nucleares no hemisfério Norte. No entanto, é notória a presença de  $^{137}\text{Cs}$  abaixo de 11,3 cm, pelo que também esta evidência parece confirmar a suspeita inicial de alguma componente de mistura (bioturbação?, actividade antrópica?... os pescadores da laguna de Melides costumam cravar no lodo canas de suporte às redes de pesca ou longas varas de eucalipto para servir de fixação à embarcação enquanto montam ou recolhem as redes de pesca) que terá potenciado a presença de materiais mais recentes em profundidades maiores, misturando o sinal isotópico. Também não se pode descartar a hipótese de alguns fenómenos de difusão do  $^{137}\text{Cs}$  na coluna sedimentar, fenómeno amplamente discutido por TURETSKY *et al.* (2004) apontando este trabalho numerosos estudos onde tal comportamento descendente foi detectado.

Uma vez que os resultados isotópicos de  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  são consistentes para os níveis mais superficiais (acima de 13,75 cm), podemos assumir esta profundidade para o primeiro aparecimento do  $^{137}\text{Cs}$ , onde se detectou 37,7 Bq/kg. Tendo em conta que a sondagem foi recolhida em 2003 e considerando as datas de 1963 e 1954 a 8,75 cm e 13,75 cm, respectivamente, obtém-se uma taxa de sedimentação para o período 2003-1963 que é cerca de metade (2,2 mm/ano) da registada na década de 1950-1960 (entre 1963-1954 = 5,6 cm/ano) (**Figura VI.1-26B**).

Embora em vários estudos efectuados no hemisfério norte se tenham encontrado perfis com “duplo pico” do  $^{137}\text{Cs}$ , referente à adição suplementar deste isótopo na atmosfera e consequente dispersão após o acidente de Chernobyl em 1986 (APPLEBY, 2001; TURETSKY *et al.*, 2004; ROUX & MARSHALL, 2011) aqui

em Melides tal não é registado, pelo que este “pico único” será sem sombra de dúvida o de 1963. Esta estratégia permite restringir cronologicamente o topo da sondagem.

No entanto, para os níveis mais antigos existe uma dificuldade em extrapolar uma taxa de sedimentação (como consequência da presença de material mais recente presente em níveis mais profundos), pelo que se optou por enviar para datação por  $^{14}\text{C}$  três amostras (uma da base - 87-88 cm - e outras duas dos níveis que denotavam menor quantidade de  $^{210}\text{Pb}$  - 34-35 cm e 44-45 cm - por serem, à partida, os que teriam menos mistura com sedimentos mais recentes). Os resultados apresentam-se na **Tabela VI.1-12** e foram utilizados, juntamente com os dados do  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  (**Tabela VI.1-13**) para construir o MODELO DE IDADES utilizando o Programa CLAM versão 2.1 (BLAAUW, 2010) para o software R (R Development Core Team, 2010). Este programa calibra a idades radiocarbono usando o IntCal09 (REIMER *et al.*, 2009), obtendo-se as idades em cal BP. Estas idades foram utilizadas para determinar as taxas de sedimentação.

A existência, na sequência estratigráfica da sondagem LM6, de datações radiocarbono invertidas, motivou a apresentação de dois Modelos (A e B - **Figura VI.1-27**), gerados por interpolação linear, retirando-se a amostra 34-35 cm ou a amostra 44-45 cm, num caso ou noutro, respectivamente. O Modelo (por definição do operador), gerou idades interpoladas para cada 0,5 cm com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade.

Tendo em conta apenas os dados da sedimentologia, não é possível indicar com alguma convicção e firmeza qual das datas terá maior grau de incerteza para ser retirada do Modelo de Idades. No entanto, o registo paleoecológico de diatomáceas obtido nesta sondagem e discutido mais à frente (FERREIRA, 2013) pode ajudar na escolha da amostra a retirar do Modelo. Efectivamente, o registo sedimentar revela uma grande continuidade das comunidades de diatomáceas, desde a base da sondagem até aos 35 cm, não evidenciando perturbação na sedimentação, ao contrário do que se verifica acima dos 35 cm, onde o sistema regista forte perturbação, pelo que a autora considerou pertinente retirar-se a amostra 34-35 cm. No presente trabalho, com base nesses critérios opta-se por retirar a mesma amostra, pelo que consideraremos o MODELO de IDADES A, para determinação das idades interpoladas e das taxas de sedimentação. De acordo com este Modelo, as taxas de sedimentação são as seguintes (**Tabela VI.1-14**), do topo para a base:

- 0 - 8,75 cm: 2,2 mm/ano;
- 8,75 - 13,75 cm: 5,6 mm/ano;
- 13,75 - 44,5 cm: 0,3 mm/ano;
- 44,5 - 87,5 cm: 0,7 mm/ano.

As diferenças encontradas, nas taxas de sedimentação, obtidas para o topo e a restante sondagem podem resultar da conjugação de vários factores, tais como:

- hiatos na sedimentação;
- episódios de erosão;
- influência da actividade antrópica na bacia hidrográfica.

Os resultados apontam para a base da sondagem (88 cm) a idade de 261 AD ou 1689 al BP (**Figura VI.1-28**).

**Tabela VI.1 - 12 - Idades radiocarbono de materiais da sondagem LM6(3), da Lagoa de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Laboratório	Tipo de material	Ref <sup>a</sup> amostra	Profundidade média (cm)	Idade <sup>14</sup> C convencional (anos BP)	Interval 2σ (anos cal BP)	Interval 2σ (cal AD)	Idade <sup>14</sup> C calibrada (cal anos BP)	Erro (anos cal BP)	δ <sup>13</sup> C (‰)
Beta - 333509	Sedimento orgânico	34 - 35	35,5	<b>1360±30</b>	1310-1270	640-680	<b>1290</b>	20	-23.1
Beta - 327816		44 - 45	44,5	<b>1170±30</b>	1170-1050 1030-980	780-900 920-970	<b>1075</b>	95	-22.6
Beta - 324220		87 - 88	87,5	<b>1770±30</b>	1770-1760 1740-1610	180-190 210-340	<b>1690</b>	80	-24.7

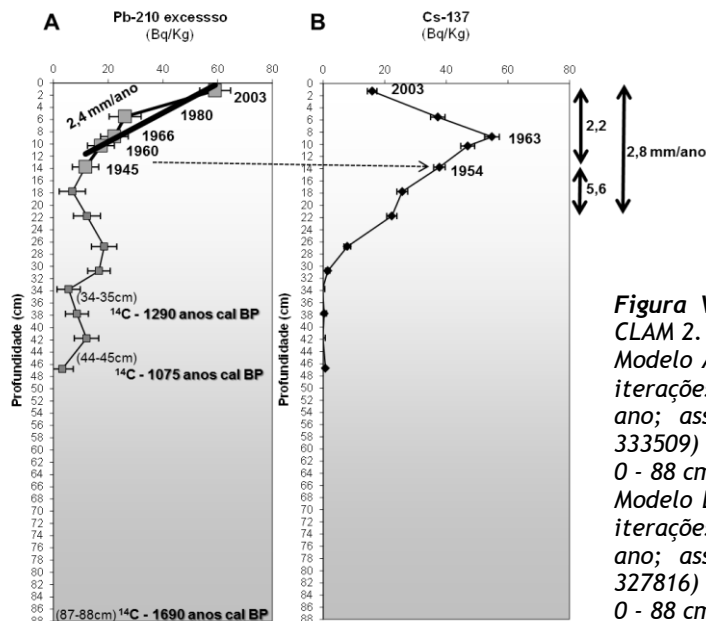
**Tabela VI.1 - 13 - Idades radiocarbono e idades obtidas com <sup>210</sup>Pb e <sup>137</sup>Cs obtidas através nas sondagens LM6-1 e LM6-3, da Lagoa de Melides e que foram utilizadas para construir o modelo de idades.**

Ref <sup>a</sup> sondagem	Ref <sup>a</sup> Laboratório	Data	Ref <sup>a</sup> amostra	Profundidade média (cm)	Idades	
					<sup>14</sup> C convencional (anos BP)	<sup>210</sup> Pb, <sup>137</sup> Cs (cal anos BP)
LM6-1		2003	0	0		<b>-53</b>
		1963	8,0-9,5	8,75		<b>-13</b>
		1954	13,0-14,5	13,75		<b>-4</b>
LM6-3	Beta - 333509		0,34 - 0,35	34,5	<b>1360</b>	
	Beta - 327816		0,44 - 0,45	44,5	<b>1170</b>	
	Beta - 324220		0,87 - 0,88	87,5	<b>1770</b>	

**Tabela VI.1 - 14 - Idades radiocarbono enviadas pelo laboratório (idades convencionais, cal BP e cal AD) e idades cal BP obtidas usando o Programa Clam para as seis amostras, de acordo com o Modelo de Idades A escolhido.**  
**Amostras das sondagens LM6-1 e LM6-3, da Lagoa de Melides**

Antes do MODELO DE IDADES A						Após o MODELO DE IDADES A	
Ref <sup>a</sup> amostra	Profundidade média (cm)	Idade <sup>14</sup> C convencional (anos BP)	Interval 2σ (anos cal BP)	Interval 2σ (cal AD)	Idade <sup>14</sup> C calibrada (cal anos BP)	Idade <sup>14</sup> C calibrada (cal anos BP)	Taxa de sedimentação (mm/ano)
0	0					<b>-53</b>	<b>2,2</b>
8,0-9,5	8,75					<b>-13</b>	
13,0-14,5	13,75					<b>-4</b>	<b>5,6</b>
34 - 35	35,5	<b>1360±30</b>	1310-1270	640-680	<b>1290</b>	<b>736</b>	
44 - 45	44,5	<b>1170±30</b>	1170-1050 1030-980	780-900 920-970	<b>1075</b>	<b>1092</b>	<b>0,3</b>
87 - 88	87,5	<b>1770±30</b>	1770-1760 1740-1610	180-190 210-340	<b>1690</b>	<b>1689</b>	



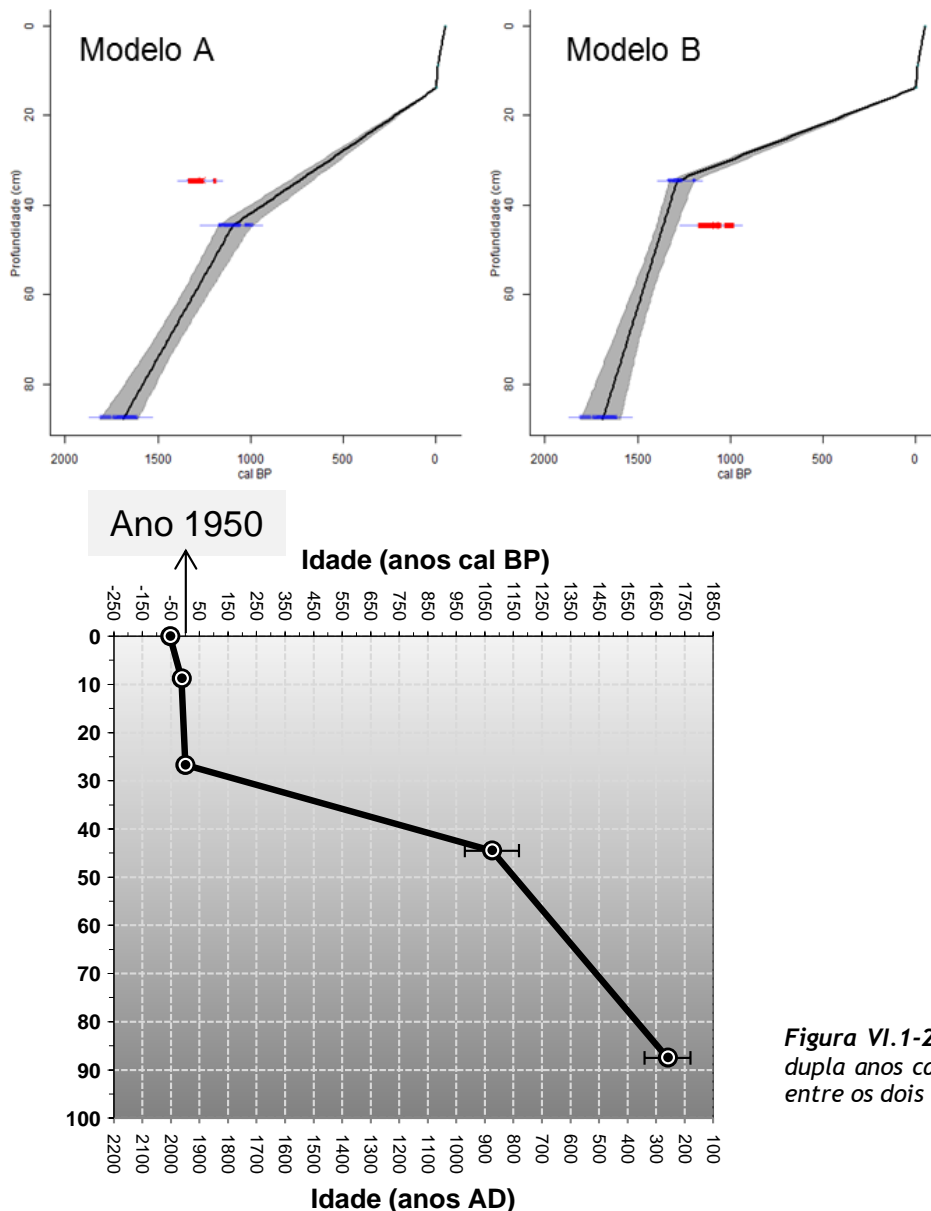


**Figura VI.1-26** - Perfis verticais dos resultados obtidos na sequência de sedimentos lagunares da sondagem LM6 recolhida na Lagoa de Melides:  
A - do excesso de  $^{210}\text{Pb}$  (isótopo natural). Indicam-se as idades radiocarbono obtidas na réplica desta sondagem;  
B - do  $^{137}\text{Cs}$  (isótopo artificial).

**Figura VI.1-27** - Modelos de Idade obtidos com o Programa CLAM 2.1 (BLAAUW, 2010).

Modelo A - configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano; assumindo como "outlier" a amostra 34-35 (Beta - 333509) assinalada com pontos a vermelho. CLAM estatísticas: 0 - 88 cm; ajuste da curva = 6,9; intervalo de 2 a 207 anos.

Modelo B - configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano; assumindo como "outlier" a amostra 44-45 (Beta - 327816) assinalada com pontos a vermelho. CLAM estatísticas: 0 - 88 cm; ajuste da curva = 3,23; intervalo de 3 a 218 anos.



**Figura VI.1-28** - Modelo de Idades A com escala dupla anos cal AD e cal BP para fácil conversão entre os dois tipos de idade.

## ▪ Análise elementar

A análise da variação dos elementos maiores, menores e vestigiais da sondagem LM6 (**Figura VI.1-29**) vem reforçar a homogeneidade textural já verificada pela análise sedimentológica. Efectivamente, o Si e Al têm comportamento idêntico ( $r=0,84$ , **Tabela VI.1-15**), variando no mesmo sentido, indicando que os sedimentos são muito homogêneos em toda a sequência. A amplitude da variação das concentrações de Si e Al é muito reduzida, sendo os mínimos e máximos de 27,1-29,0 % e 7,7-8,8 %, respectivamente. Estes valores contrastam com os encontrados nos sedimentos superficiais (23,6-45,7 % de Si e 1,4-7,9 % de Al) cuja enorme amplitude é reveladora da grande variedade textural encontrada nesses materiais. Note-se que na análise factorial (**Figura VI.1-30**) o Si e o Al, juntamente com outros elementos como o Ti, Y, Zr, K, Rb dominam o Factor 1, em oposição aos elementos Br, Cl, S e ao teor em água. Os primeiros representam a influência detrítica continental na sedimentação essencialmente vasosa do depocentro lagunar, opondo-se à influência marinha do sistema, dominada pela presença dos segundos. É de realçar a proximidade neste diagrama entre o S e o Fe, sugerindo que uma parte deste elemento pode estar sob a forma de sulfuretos de ferro. A análise do Factor 2 (**Figura VI.1-30**) realça a afinidade existente entre os materiais mais grosseiros ( $>63\ \mu\text{m}$  + siltes) com a matéria orgânica, o Ca e o Sr, em oposição à fracção argilosa e ao pH. Efectivamente, este comportamento sugere que os organismos de carapaça carbonatada, de uma forma geral, parecem mostrar maior afinidade para sedimentos ricos em matéria orgânica e que esta última se encontra preferencialmente associada à fracção mais grosseira do sedimento, fornecendo ambos os componentes cariz mais grosseiro à sedimentação do depocentro lagunar de Melides.

Ao estabelecer-se comparações dos resultados sedimentológicos e geoquímicos deve ter-se em conta que a análise geoquímica se efectuou numa sondagem réplica da de sedimentologia, pelo que embora recolhidas aproximadamente no mesmo local (estação 6), não correspondem exactamente ao mesmo registo sedimentar. Nestes ambientes lagunares de pequenas dimensões atravessados por canais de escoamento, um pequeno desvio da embarcação pode colocar-nos em locais de hidrodinamismo diferenciado (um desvio de 1 m pode posicionar-nos fora do canal correspondendo a diferenças altimétricas de 2 m). Efectivamente, embora os resultados geoquímicos confirmem a grande homogeneidade textural dos sedimentos, na comparação das variações das características sedimentológicas e geoquímicas em profundidade, não se encontram algumas das particularidades assinaladas durante a discussão dos resultados da primeira. Os resultados geoquímicos (**Figura VI.1-29**) confirmam que os primeiros centímetros são empobrecidos em componente detrítica (baixos valores de Al e Si) mas apresentam as concentrações mais elevadas de Ca e Sr, indicando importante componente carbonatada bioclástica, não detectada na sondagem das análises sedimentológicas. Por outro lado, os níveis subsuperficiais mais ricos em carbonato de cálcio detectados nesta última não são detectados na segunda sondagem.

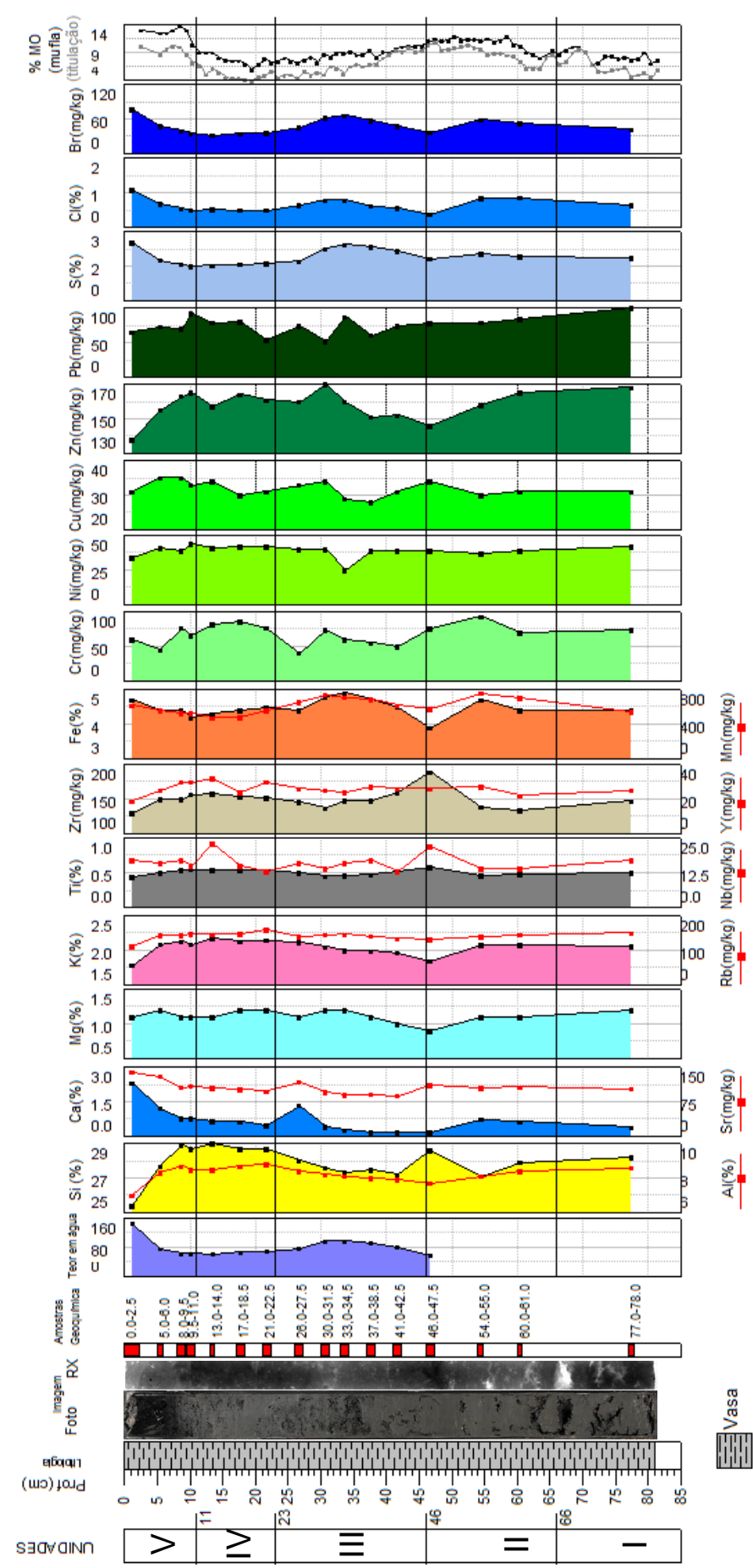


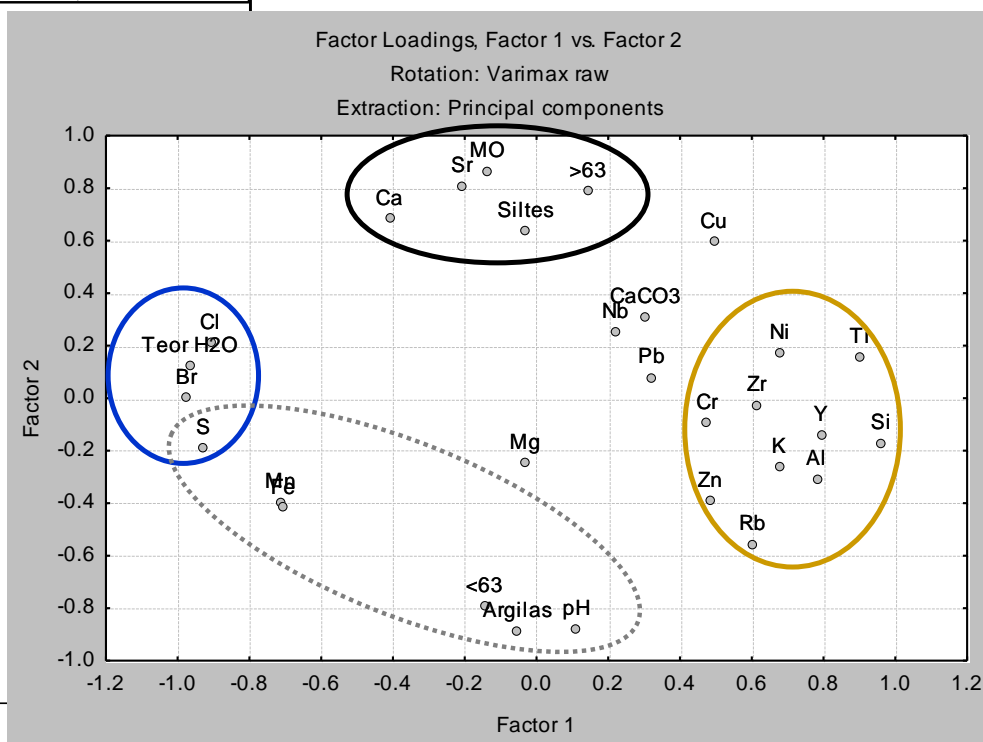
Figura VI.1-29 - Log, foto, amostragem para estudo geoquímico e perfis verticais dos parâmetros composicionais do testemunho sedimentar LM6. Comparação com as unidades sedimentológicas.

[illegible]

**Tabela VI.1-16** - Valores ds Factor1 e do Factor2 para as diferentes variáveis consideradas na Análise Factorial da sondagem LM6.

Variable	Factor Loadings (Varimax raw) (LM6-sed-GQ-dados.S Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000))	
	Factor 1	Factor 2
>63	0.1444	<b>0.78919</b>
<63	-0.1444	<b>-0.78919</b>
Siltes	-0.0325	0.63939
Argilas	-0.0553	<b>-0.88646</b>
pH	0.1115	<b>-0.87919</b>
MO	-0.1361	<b>0.86477</b>
CaCO3	0.3049	0.31101
Teor H2O	<b>-0.9648</b>	0.12206
Mg	-0.0306	-0.24556
Al	<b>0.7810</b>	-0.30740
Si	<b>0.9615</b>	-0.17133
S	<b>-0.9277</b>	-0.18968
Cl	<b>-0.9080</b>	0.20956
K	0.6764	-0.26152
Ca	-0.4090	0.68380
Ti	<b>0.9029</b>	0.15890
Cr	0.4749	-0.09238
Mn	<b>-0.7120</b>	-0.39563
Fe	<b>-0.7049</b>	-0.41586
Ni	0.6799	0.17342
Cu	0.4951	0.59653
Zn	0.4848	-0.39091
Br	<b>-0.9756</b>	0.00032
Rb	0.6030	-0.55507
Sr	-0.2077	<b>0.81007</b>
Y	<b>0.7932</b>	-0.14039
Zr	0.6134	-0.02631
Nb	0.2212	0.25356
Pb	0.3218	0.07999
Expl.Var	10.4504	6.83023
Prp.Totl	0.3603	0.23552

**Figura VI.1-30** - Gráfico Factor1 versus Factor2 da Análise Factorial considerando 29 variáveis (sedimentologia e geoquímica).

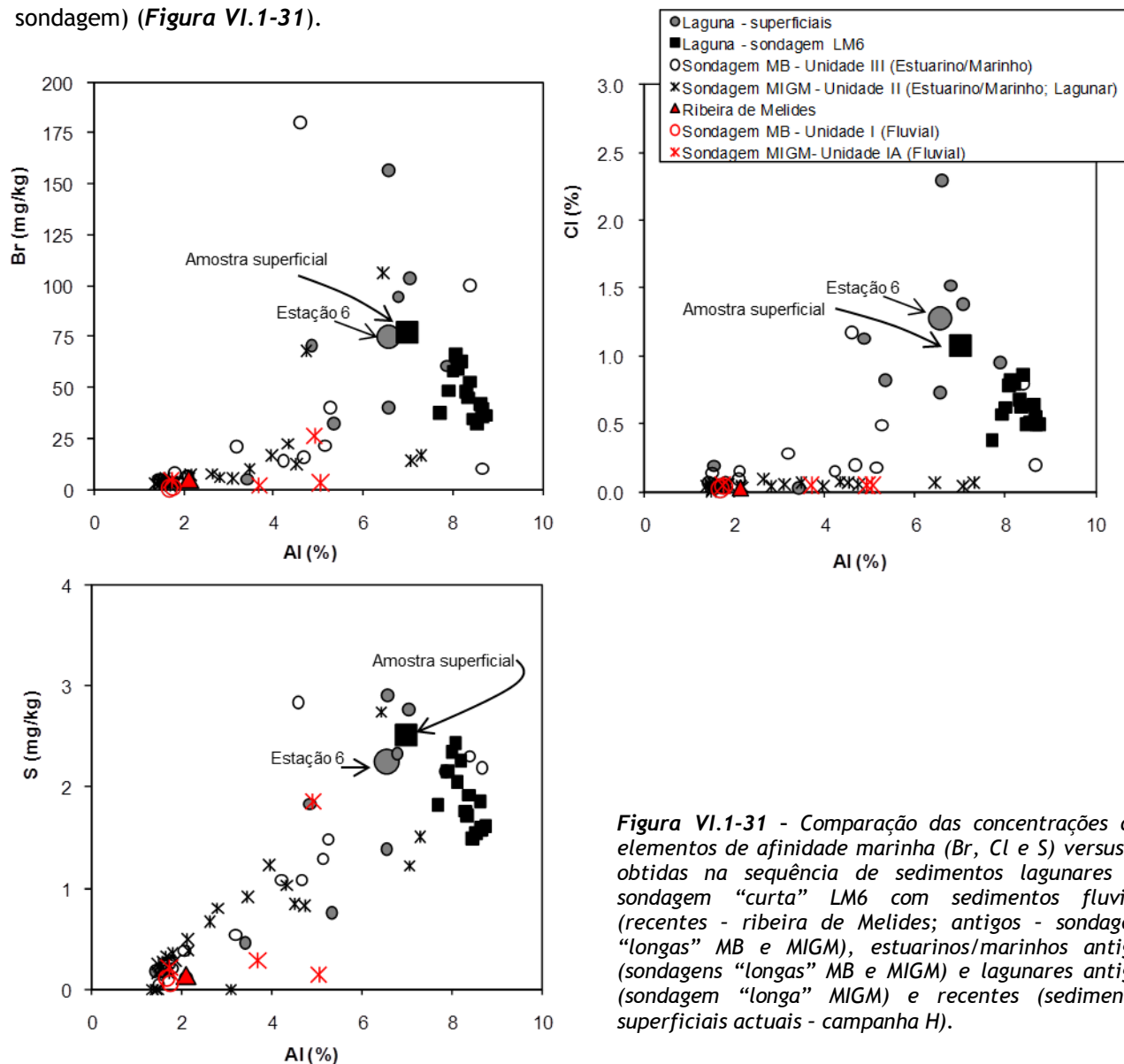


Relativamente à variação das concentrações em profundidade dos elementos considerados como indicadores de influência marinha (Br, Cl e S), podemos afirmar que estas espelham a variação do teor de água, com o qual apresentam factores de correlação elevados ( $r_{Br} = 0,94$ ;  $r_{Cl} = 0,95$ ;  $r_S = 0,85$ ) (**Tabela VI.1-5, Figura VI.1-29, VI.1-30**). Por outro lado, podemos estabelecer comparações das concentrações absolutas destes elementos com as obtidas noutros materiais da região, de diversos tipos de ambiente de sedimentação (actuais e fósseis - paleoambientes) (**Figura VI.1-31**):

- Fluviais actuais - sedimentos da ribeira de Melides;
- Fluviais fósseis - sedimentos da Unidade I das sondagens “longas” MB e MIGM (capítulo VI.1.1.3 - Macro-escala);
- Estuarinos/marinhos fósseis - sedimentos da Unidade II da sondagem “longa” MB e Unidade III da sondagem “longa” MIGM (capítulo VI.1.1.3 - Macro-escala);
- Lagunares fósseis - sedimentos da Unidade III da sondagem “longa” MIGM (capítulo VI.1.2.3 - Macro-escala);
- Lagunares actuais - sedimentos do actual fundo lagunar, recolhidos na campanha H (capítulo VI.1.1.1 - Micro-escala).

Desta comparação é possível verificar que as concentrações de Br, Cl e S obtidas na sondagem LM6 são sempre superiores às obtidas em sedimentos fluviais (actuais e fósseis) e que se inserem nos valores dos sedimentos depositados sob influência marinha, sejam sedimentos marinhos, estuarinos ou lagunares

(**Figura VI.1-31**), pelo que se pode afirmar com toda a certeza que são valores típicos de ambientes sedimentares litorais onde a influência marinha é permanente. No entanto, as pequenas oscilações registadas nos perfis verticais de Br, Cl e S em LM6 não nos permitem fazer considerações sobre períodos de maior ou menor permanência de barra de maré activa. Estas são principalmente o reflexo do teor de humidade (já anteriormente discutido) e de matéria orgânica. Veja-se que é à amostra superficial da sondagem LM6 que correspondem as menores concentrações de Al e Si, às quais se associam elevados teores água e de matéria orgânica, sendo nesta amostra que se encontram as concentrações mais elevadas de Br, Cl e S, idênticas às obtidas nos sedimentos superficiais da estação 6 (ponto de recolha da sondagem) (**Figura VI.1-31**).



**Figura VI.1-31** - Comparação das concentrações dos elementos de afinidade marinha (Br, Cl e S) versus Al obtidas na sequência de sedimentos lagunares da sondagem “curta” LM6 com sedimentos fluviais (recentes - ribeira de Melides; antigos - sondagens “longas” MB e MIGM), estuarinos/marinhos antigos (sondagens “longas” MB e MIGM) e lagunares antigos (sondagem “longa” MIGM) e recentes (sedimentos superficiais actuais - campanha H).

Embora existam algumas diferenças nos resultados analíticos da sedimentologia e geoquímica das duas sondagens LM6 réplicas, podemos retirar importantes conclusões. Ambas confirmam a homogeneidade textural predominantemente vasosa da sequência sedimentar, com zonas mais ricas em componente orgânica, com maior porosidade (teores elevados de MO, de teor de água e de S, Cl e Br). A

existência de oscilações no teor de carbonatos em sentido inverso ao teor de matéria orgânica, pode ser interpretado como ocorrência de alternâncias entre períodos de maior espessura de coluna de água com condições salobras ( $> \% \text{ carbonatos}$ ,  $< \% \text{ MO}$ ) com outros períodos de menor espessura da coluna de água que permitem um maior desenvolvimento de vegetação aquática (maior produtividade *in situ*:  $< \% \text{ carbonatos}$ ,  $> \% \text{ MO}$ ). No entanto, estas interpretações podem ser ou não confirmadas com recurso a outros indicadores, nomeadamente paleoecológicos (ver discussão mais à frente).

Relativamente às concentrações de metais pesados (**Figura VI.1-29**), não se detectam oscilações dignas de assinalar, nem enriquecimento para os níveis superficiais, sinónimo de influência antrópica negligenciável nos tempos mais recentes. Uma vez que os cerca de 80 cm de testemunho sedimentar abrangem a sedimentação aproximadamente dos últimos 1700 anos, contém a assinatura geoquímica do sistema antes e após a influência antrópica, pelo que podemos comparar as concentrações encontradas neste registo com os obtidos nos sedimentos actuais e com os valores de sedimentos holocénicos mais antigos. Deste modo, dada a existência do estudo de duas sondagens “longas” do enchimento holocénico (sondagem MB e MIGM), estas podem servir de base geoquímica pré-antrópica. Nestas escolheram-se para comparação as unidades III e II, que correspondem a depósitos de ambientes estuarinos/lagunares, respectivamente (que na espessa sequência holocénica se correlacionam com paleoambientes cujas características são as mais próximas das actuais), acumulados aproximadamente entre 9000-7900 anos cal BP e 6300-3400 anos cal BP, respectivamente. Tal como para os sedimentos lagunares superficiais actuais projectaram-se os valores da concentração do metal *versus* Al de todas as amostras (actuais e pré-antrópicas, **Figura VI.1-21**). A visualização dos gráficos indica que o “fundo” regional, já apresentava no passado valores da mesma ordem de grandeza dos registados actualmente, sugerindo que as concentrações actuais correspondem às concentrações originais (“naturais”) do sistema, confirmando a não detecção de fortes sinais de enriquecimento antrópico. No entanto, no caso do Pb e do Zn, tal como já referido para os sedimentos superficiais actuais, os materiais da sondagem LM6 parecem estar ligeiramente acima das concentrações obtidas nos equivalentes texturais do registo fóssil, pelo que se pode inferir um ligeiro enriquecimento nestes dois elementos químicos, apontando-se as mesmas causas possíveis já referidas para os sedimentos superficiais.

Por último, os teores obtidos nas sequências “curtas” foram ainda comparados com os intervalos considerados na legislação portuguesa para a classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação (Portaria 1450/2007 de 12 de Novembro, do Decreto-Lei nº. 226-A/2007, de 31 de Maio). Esta comparação (**Figura VI.1-21**), revela que os materiais lagunares apresentam concentrações que os colocam na Classe 1 relativamente ao Cu mas os posicionam na Classe 2, relativamente aos restantes metais analisados, correspondendo a “material dragado com contaminação vestigial”, salientando-se, mais uma vez, que correspondem a concentrações muito próximas daquelas que caracterizariam o sistema original.



## C) Ecologia

### FORAMINÍFEROS

Para o estudo ecológico a meso-escala temporal foi analisado, por Maria ALDAY (dados inéditos) o conteúdo de uma sondagem “curta” com 88 cm, uma das réplicas (LM6-1), recolhida no mesmo local e data (ver Capítulo V - MÉTODOS). Este testemunho foi segmentado em lâminas de 1 cm, e seleccionadas para estudo amostras de 2 em 2 cm, resultando num total de 44 amostras. A autora verificou que a abundância absoluta ao longo desta sondagem (**Figura VI.1-32**) não excedeu os 300 foraminíferos/gr, sendo a diversidade muito baixa, não ultrapassando 4 o nº de espécies por amostra, tendo-se identificado no total do testemunho 6 espécies (*Ammonia beccarii*, *Asterigerinata mamila*, *Brizalina britannica*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium oceanensis*, *Haynesina germanica*). A variação da abundância relativa indica que as espécies *Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii* são as mais abundantes, sendo a primeira a mais importante, representando sempre valores acima de 48 % e na maior parte dos níveis valores próximos de 100 % (**Figura VI.1-32**). Estes resultados confirmam a distribuição relativa observada na estação 6 (local da recolha da sondagem) no estudo a micro-escala temporal, onde estas espécies são sempre as mais abundantes. Embora o estudo das associações de foraminíferos pareça, tal como no caso dos resultados analíticos da sedimentologia, indiciar uma sequência bastante homogénea, existem pequenas oscilações que merecem destaque até porque se ajustam às unidades sedimentológicas previamente definidas. Às unidades menos orgânicas e com componente bioclástica carbonatada (unidades I, III e V), anteriormente consideradas como contemporâneas de períodos de maior espessura de coluna de água com condições salobras, correspondem, modo geral, as zonas com maior abundância absoluta de foraminíferos, alternando com intervalos onde a sua abundância decresce. A unidade II é disso exemplo, reduzindo-se a abundância absoluta de foraminíferos a valores tão baixos que não foi possível fazer cálculos estatísticos.

Efectivamente, se tivermos em conta o comportamento das duas espécies mais abundantes (*Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii*) no estudo a micro-escala temporal (**Figura VI.1-23**), que revelaram a menor abundância após a abertura da barra de maré, então podemos inferir que na sondagem LM6 estes intervalos de menor abundância são contemporâneos de períodos onde as trocas entre o meio lagunar e o oceano são mais frequentes (unidades II e IV), e que períodos prolongados de barra de maré fechada favorecem o franco desenvolvimento destas duas espécies (unidades I, III e V), que dominam sobre as restantes. No primeiro caso, uma maior regularidade de períodos de barra aberta favorecerá a entrada de espécies francamente marinhas. No entanto, a ocorrência de “picos” de espécies exóticas observa-se na metade superior das unidades III e V (salobras), não coincidindo com níveis de menor abundância de foraminíferos mas coincidindo com depleção no teor de carbonatos. Esta associação não é fácil de explicar, podendo corresponder a carapaças transportadas.

Pelas razões apontadas, estes dados ecológicos ajustam-se e confirmam a interpretação discutida aquando dos resultados sedimentológicos e geoquímicos (sendo a resolução desta amostragem insuficiente para mais interpretações).

### NANOPLÂNTON CALCÁRIO

Aos resultados paleoecológicos dos foraminíferos podemos ainda adicionar os obtidos por Maria de Jesus RIBEIRO (dados inéditos) no estudo de outra réplica da sondagem LM6-1 (a mesma utilizada para o estudo geoquímico). A autora estudou o conteúdo em nanoplâncton calcário, identificando espécies e avaliando a abundância relativa e absoluta destas partículas de proveniência marinha: entram no sistema lagunar de Melides através da barra de maré (períodos de barra activa) ou através de galgamentos da zona deprimida do cordão arenoso (antiga cicatriz da barra de maré) em períodos de ondulação de maior altura associada a épocas de temporal. Neste estudo a autora identificou 10 espécies de nanoplâncton calcário com abundâncias relativas diferenciadas ao longo da sondagem (**Figura VI.1-32**). No entanto, como todas as partículas de nanoplâncton calcário são exteriores ao sistema lagunar, não abordaremos a variação relativa mas sim a abundância absoluta de todas as espécies presentes (total de abundância), por poder ser comparada com uma maior ou menor influência do meio marinho no interior do sistema lagunar (maior influência corresponde a maior abundância e *vice-versa*). A variação do total de partículas de nanoplâncton revela oscilações entre períodos de maior abundância com outros de total ausência nos sedimentos. Note-se que a preservação destes indicadores nos sedimentos depende do pH, e que sedimentos de características mais ácidas condenam a preservação destas pequenas partículas de natureza carbonatada. Deste modo, intervalos de ausência destes indicadores podem sugerir períodos de barra fechada (ausência de influência marinha) ou resultar da sua destruição em sedimentos mais ácidos (teores elevados de matéria orgânica conferem maior acidez aos sedimentos). Esta segunda hipótese não deve ter ocorrido neste testemunho sedimentar, porque aos níveis superficiais mais ácidos, que resultam dos teores elevados de matéria orgânica, estão associadas elevadas abundâncias de nanoplâncton. Nos níveis mais profundos as características de pH (mais alcalinas) não terão inibido a preservação das partículas de nanoplâncton calcário, pelo que as oscilações da abundância absoluta registadas em LM6 serão interpretadas como maior/menor influência marinha no meio lagunar. A variação do total de partículas de nanoplâncton é, modo geral, oposta ao teor de carbonatos e à abundância de foraminíferos, registando-se os totais mais elevados no topo das unidades II e V.

### DIATOMÁCEAS

Mais recentemente, o trabalho desenvolvido por FERREIRA (2013) para a sua dissertação de doutoramento veio completar o estudo paleoecológico da sondagem LM6-1, com resultados inéditos referentes à avaliação do conteúdo em diatomáceas.

Esta autora, tendo em conta a variabilidade e abundância das espécies presentes no registo, definiu três Zonas de Associação de Diatomáceas (ZAD) (**Figura VI.1-33**). A esta informação adicionou outros proxies, nomeadamente Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Azoto Total, razão entre Carbono Orgânico e Azoto Total,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (**Figura VI.1-33**). Com estes dados e tendo como base a variação a microescala temporal das diatomáceas face às variações do sistema, principalmente da salinidade, propôs uma função de transferência para inferir as variações de salinidade neste sistema nos últimos 1700 anos que constituem a sedimentação acumulada na sondagem LM6. Integrou estes dados com todos os anteriores já descritos e estabeleceu seis FASES de evolução paleoambiental.

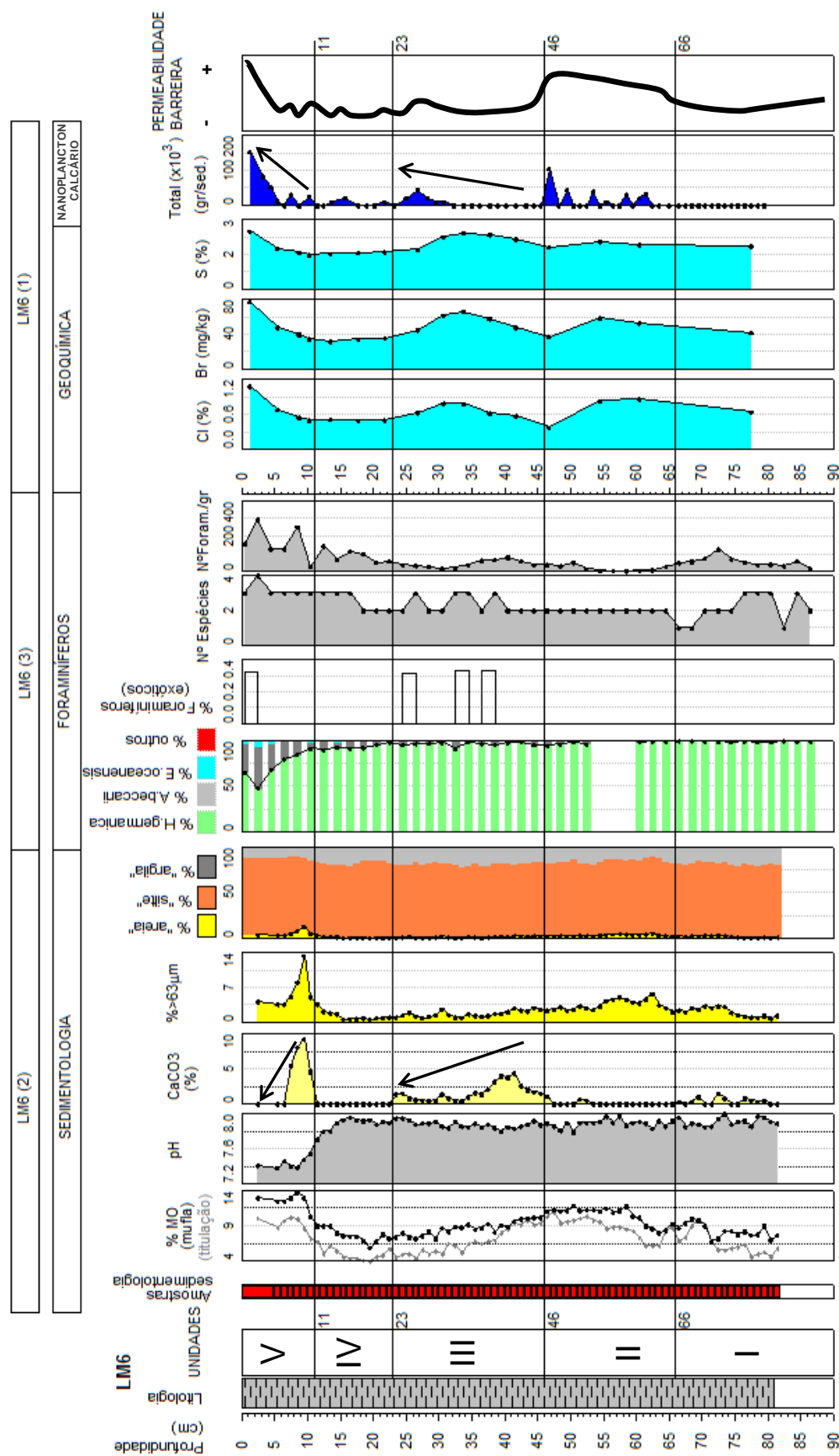


Figura VI.1-32 - Log, amostragem para estudo sedimentológico e perfis verticais dos parâmetros texturais e composicionais do testemunho sedimentar LM6. Resultados do estudo das associações de foraminíferos (abundância relativa, presença de espécies exóticas, diversidade específica e abundância absoluta). Comparação com a variação dos elementos químicos com afinidade marinha (Cl, Br e S), com o total de abundância do nanoplâncton calcário e com as unidades sedimentológicas.

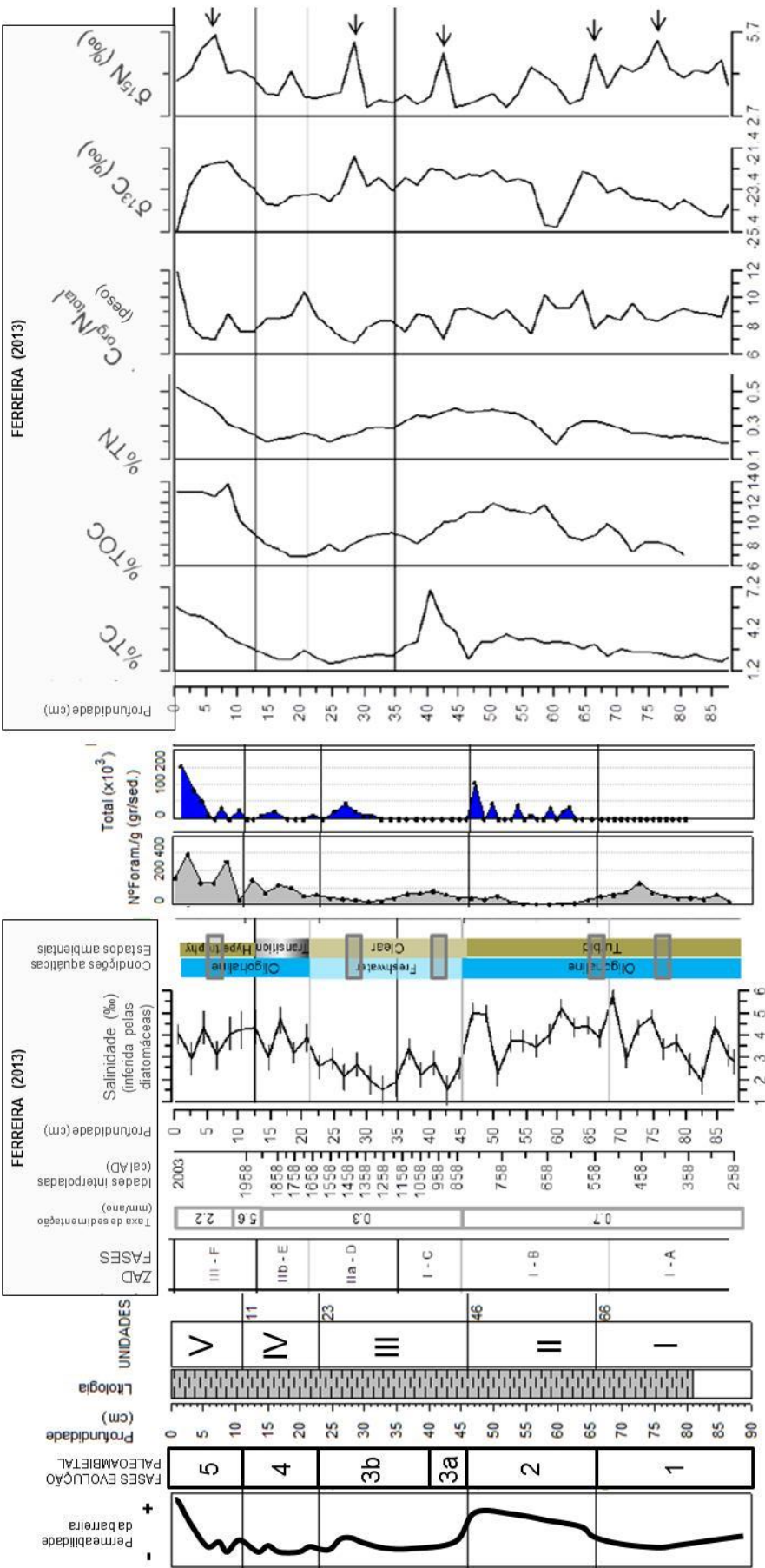


Figura VI.1-33 - Comparação das unidades definidas pelos dados sedimentológicos, geoquímicos e paleoecológicos anteriormente referidos (foraminíferos, nanoplâncton calcário) com as Zonas de Associação de diatomáceas e outros parâmetros analisados no trabalho de FERREIRA (2013). Estabelece-se comparação entre a curva de paleosalinidade definida por essa autora e a curva de permeabilidade da barreira arenosa apresentada neste trabalho.

Na presente dissertação integrando todos os proxies previamente apresentados (**Figuras VI.1-32, VI.1-33**) estabelecem-se cinco FASES, discutindo-se de seguida, da base para o topo as principais características, enquadradas cronologicamente pelas idades interpoladas, obtidas pelo MODELO de IDADES A, previamente definido com os resultados isotópicos ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{14}\text{C}$ ):

**FASE 1 (88 - 66 cm: 1689 a 1187 cal BP; 261 a 763 cal AD)**

A base da sondagem representa a sedimentação iniciada, neste sistema lagunar, há cerca de 1700 anos e que persiste por 500 anos. É predominantemente composta por vasas com baixo teor de matéria orgânica e pontuada por alguns carbonatos. Durante este período existiram condições favoráveis ao desenvolvimento de foraminíferos de ambientes salobros (*H. germanica* e *A. beccarii*) e de bivalves de carapaça carbonatada. O nanoplâncton calcário está ausente durante este período indicando reduzida ou nula contribuição marinha. A associação de diatomáceas é caracterizada pela codominância de diatomáceas epipélicas e epifíticas (*Nitzschia frustulum*, *Cocconeis placentula*) típicas de ambientes salobros a doces com reduzida influência oceânica. A existência de dois picos de  $\delta^{15}\text{N}$  indica a ocorrência de condições anóxicas junto ao fundo, o que na laguna de Melides só acontece quando a espessura do hidrossoma é maior possibilitando a sua estratificação. No entanto, durante esta fase é notório um incremento do  $\delta^{13}\text{C}$  para o topo sugerindo uma diminuição da influência do sistema continental.

**PALEOAMBIENTE:** Durante a deposição devem ter persistido longos períodos de barra fechada conduzindo a maiores espessuras do hidrossoma. Nestas condições, os sedimentos enriquecem em componente carbonatada e empobrecem em matéria orgânica pois a permanência de maior coluna de água inibe o franco desenvolvimento de plantas aquáticas, reduzindo-se a produção de matéria orgânica *in situ*, podendo desenvolver-se estratificação do hidrossoma e a consequente ocorrência de anóxia junto ao fundo. A barreira arenosa terá sido menos permeável e os galgamentos oceânicos raros ou nulos.

**FASE 2 (66 - 46 cm: 1187 a 1113 cal BP; 763 a 837 cal AD)**

A sedimentação vasosa continua mas enriquece em matéria orgânica e em carbonatos, o que indica uma menor espessura do corpo aquoso, possibilitando o desenvolvimento de plantas aquáticas. Durante este período regista-se uma diminuição acentuada da abundância de foraminíferos (valores mais baixos de toda a sequência) mas pelo contrário assiste-se, a um aumento do nanoplâncton calcário atingindo-se os valores máximos no topo desta fase. Na associação de diatomáceas é notório o aparecimento de taxas oportunistas típicas de ambientes sujeitos a maior stress ambiental e de salinidade mais elevada. A ocorrência, na base, de valores baixos de  $\delta^{15}\text{N}$  podem ser uma evidência de um ambiente mais oxidante mas com importante contribuição de matéria orgânica continental (baixos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ ).

**PALEOAMBIENTE:** durante esta fase a ligação da laguna ao mar deve ter sido mais assídua, reduzindo-se a espessura da coluna de água que terá permitido o desenvolvimento de macrófitas, que *pós-mortem* enriquecem os sedimentos em matéria orgânica. A esta deve ter-se adicionado também importante contribuição alóctone de material orgânico continental. A maior permeabilidade da barra de maré permite sucessivas entradas de água oceânica no interior da laguna transportando partículas de origem marinha que se depositaram nos locais de menor hidrodinamismo. Esta maior ligação da laguna ao

mar não é favorável ao desenvolvimento das duas espécies de foraminíferos mais abundantes na laguna, reduzindo-se a sua abundância para os mínimos de toda a sequência. As condições prevaletentes durante este período (75 anos) indicam grande stress ambiental, com oscilações rápidas das características físico-químicas do hidrossoma.

### **FASE 3 (46 - 23 cm: 1113 a 326 cal BP; 837 a 1624 cal AD)**

Durante este período (cerca de 800 anos) repetem-se as condições descritas para a unidade I, de baixo hidrodinamismo, permitindo a deposição de vasas, em ambiente isolado do contacto com o oceano. Caracteriza-se por um decréscimo do teor de matéria orgânica, que se acentua para o topo, comportamento idêntico ao registado pela componente carbonatada (nesta fase mais elevada). A abundância de foraminíferos é maior na base e reduz-se em direcção ao topo, onde se assiste ao aparecimento de espécies exóticas (marinhas) contemporaneamente com o decréscimo dos carbonatos mas sem o aumento do teor de matéria orgânica, o que pode indicar que a entrada das partículas marinhas e das carapaças de exóticos se poderá ter processado principalmente por galgamento oceânico, o que manteria uma espessa coluna de água que impediria o desenvolvimento de macrófitas (justificando os baixos teores de matéria orgânica). A presença de nanoplâncton calcário também mostra diferenças entre a base e o topo desta fase, estando apenas presentes no topo. Apesar dos teores de matéria orgânica, ao longo de toda esta Fase, serem baixos, a ocorrência, da base para o topo, de modificações nos restantes proxies, justificam a subdivisão desta FASE em dois eventos diferentes (3a: 46 - 40 cm, 1113 a 932 cal BP, 837 a 1018 cal AD; 3b: 40 - 23 cm, 932 a 326 cal BP, 1018 a 1624 cal AD). As diatomáceas também corroboram estas modificações, verificando-se uma substituição parcial de espécies epipélicas por epifíticas sugerindo um aumento da componente de macrófitas (?). Durante esta Fase ocorrem mais dois picos de  $\delta^{15}\text{N}$ , sugerindo ocorrência de anóxia.

**PALEOAMBIENTE:** As evidências apontam para uma Fase com espessura de hidrossoma importante, que permite a ocorrência de fenómenos de anoxia junto ao fundo. Esta fase caracteriza-se por uma impermeabilidade da barreira mais vincada no início, impedindo a entrada de partículas de origem marinha mas potenciando uma maior abundância de foraminíferos. Do mesmo modo, o domínio de diatomáceas epipélicas confirmam importante espessura da coluna de água. No entanto, para cima de 40-35 cm é notória uma modificação importante como consequência ou de uma maior permeabilidade da barreira ou pelo incremento dos galgamentos oceânicos, o que irá conferir um aumento de salinidade no ambiente lagunar.

### **FASE 4 (23 - 11 cm: 326 a -9 cal BP; 1624 a 1941 cal AD)**

Continua a sedimentação vasosa com teores baixos de matéria orgânica, embora se registre um incremento para o topo. Os carbonatos são diminutos mas aumenta a abundância de foraminíferos e a presença de nanoplâncton calcário é dispersa. A anterior comunidade de diatomáceas com co-dominância de espécies epipélicas e epifíticas é substituída por espécies epifíticas típicas de ambiente salobros a marinhos. Também está presente um pico de  $\delta^{15}\text{N}$ .

**PALEOAMBIENTE:**

Esta fase encontra-se já num período histórico onde se inicia a intervenção na barreira arenosa com a abertura artificial da barra de maré. É notório um sinal de maior comunicação do sistema lagunar com o oceano. No entanto, persistem sinais de algum isolamento pico de  $\delta^{15}\text{N}$  - anóxia, maior abundância de foraminíferos de ambientes salobros, ou seja coexistem sinais que evidenciam maiores trocas com o ambiente marinho mas por outro lado persistem sinais de confinamento. Esta dualidade poderá ser interpretada como um progressivo aumento da influência antrópica no sistema, permitindo as trocas com o meio oceânico mas sem evitar algum confinamento registado durante a época de inverno. Note-se que a cartografia antiga do século XVII apresenta esta laguna com barra para entrada de embarcações:

- no mapa de 1634 (**Figura VI.1-3**), apresentam-se as profundidades no canal entre uma a quatro braças;
- no mapa de 1648 (**Figura VI.1-4**), descreve-se como “Barra de Melides para Barcos” mas desta vez as profundidades do canal não excedem as duas braças.

**FASE 5 (11 - 0 cm: -9 a -53 cal BP; 1941 a 2003 cal AD)**

Nos últimos 60 anos assiste-se ao incremento de matéria orgânica mas na base é notório um enriquecimento em carbonatos contemporâneo com valores reduzidos de nanoplâncton calcário, enquanto para o topo se assiste à forte diminuição do teor de carbonatos e a um incremento acentuado das partículas de nanoplâncton. Este contraste regista-se dos 7 cm para o topo da sondagem, correspondendo à sedimentação desde 1971, pelo que as características mais recentes do testemunho sedimentar apontam para uma maior ocorrência de períodos de barra aberta nos últimos 44 anos atingindo-se o valor máximo de aproximadamente 150 000 exemplares de cocólitos por grama de sedimento no topo da sondagem. O número de foraminíferos atinge aqui o seu valor máximo.

**(PALEO)AMBIENTE:**

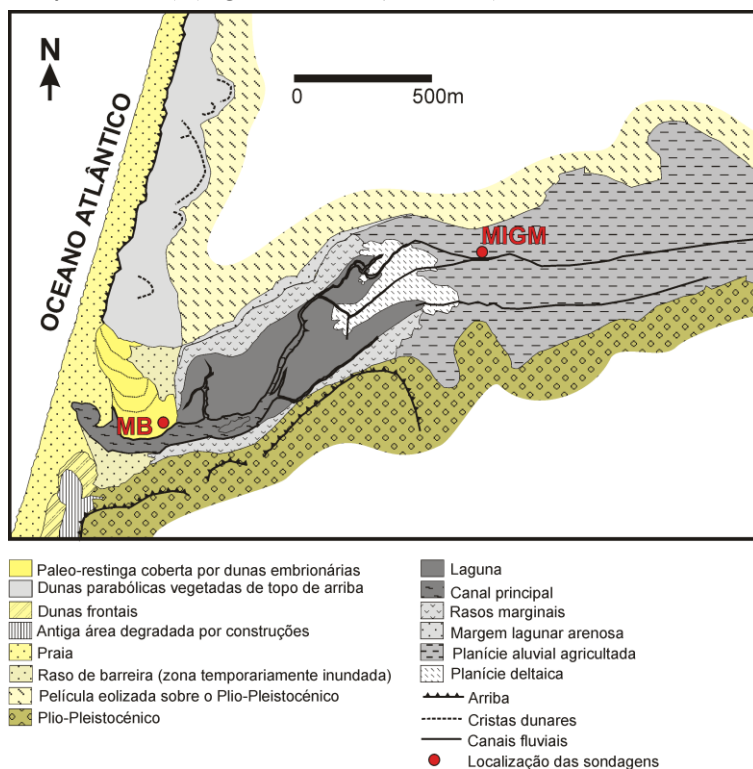
Parece pois notar-se no registo sedimentar uma crescente influência antrópica, com maior assiduidade no processo de abertura artificial da barra de maré.



### VI.1.1.3 MACRO-ESCALA

Os ambientes costeiros de deposição como as lagunas e os estuários constituem arquivos naturais onde se acumula informação sobre a sua evolução ao longo do tempo, desde a micro à macro-escala temporal. Neste último contexto e nestes ambientes de sedimentação, podemos aceder a um empilhamento de informação geológica pertinente para a caracterização da evolução do sistema lagunar durante o Holocénico, que nos permita não só a obtenção de informação paleoambiental local mas igualmente possibilite o enquadramento numa evolução regionalmente mais abrangente face à influência de factores forçadores globais.

Na região de Melides, o vale de orientação ENE-WSW, ligeiramente oblíquo à actual linha de costa, onde se encontra encaixada a Lagoa de Melides, representa um desses ambientes propícios ao estudo do litoral português após o último máximo glaciário (~18 000 anos, ver Capítulo III). Aqui, um variado número de ferramentas analíticas podem ser utilizadas para a reconstituição paleoambiental, de forma a propor um modelo evolutivo para este segmento do litoral. Nestes ambientes de acumulação, a composição/variabilidade espacial e temporal das sequências sedimentares acumuladas depende da distância às fontes sedimentares contribuintes (fluvial, marinha) e da própria dinâmica interna do sistema. Na Lagoa de Melides, optou-se por executar duas sondagens “longas” no enchimento holocénico deste vale, posicionadas a diferentes distâncias das fontes, com o objectivo de comparar a resposta do sistema mais ou menos afastado da linha de costa. Deste modo, posicionou-se uma das sondagens, mais próximo do oceano, na aba sotamar da barreira arenosa (sondagem MB - “Domínio Litoral”), concretamente em cima de uma antiga paleo e a segunda, distante do oceano, na planície aluvial em posição próxima ao limite interno da laguna (sondagem MIGM - “Domínio aluvial proximal”) (*Figura VI.1.34, VI.1-35*).



**Figura VI.1-34** - Esboço geomorfológico da laguna de Melides e localização das sondagens “longas” MB e MIGM, posicionadas em distintos compartimentos morfológicos e a distintas distâncias do ambiente marinho: MB - “Proximal”; MIGM - “Distal”.

**Base:** vôo aéreo de 1989 (cores), Base Aérea de Sintra nº1, escala original: 1/8000, fotos - 1876, 1877, 1879).



**Figura VI.1-35** - Localização das sondagens “longas” MB e MIGM na Laguna de Melides: A - numa situação de baixa cota do plano de água lagunar (imagem de satélite); B - numa época de elevada cota do plano de água onde se observa a quase submersão da pequena ilha central e dos campos de orizicultura próximos da laguna (foto aérea cedida por José Boeiro da Escola de voo de Santiago do Cacém).

Como já foi referido no capítulo V - Métodos, no estudo destas sequências sedimentares foi utilizada uma aproximação multidisciplinar, tendo-se procedido a análises sedimentológicas (textura, pH, teor de carbonato de Ca e de matéria orgânica), geoquímicas (elementos maiores, menores e traço e isótopos), paleoecológicas (foraminíferos, ostracodos, nanoplâncton calcário) e por fim a datações isotópicas de  $^{14}\text{C}$ . Nesta dissertação apresentam-se e discutem-se os resultados da sedimentologia, mineralogia da fracção  $>63\ \mu\text{m}$  e geoquímica (realizados pela autora), utilizando para a interpretação, sempre que se julguem pertinentes, os resultados obtidos com os restantes indicadores ambientais (paleoecologia) analisados por outros investigadores<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ostracodos - Dr<sup>a</sup> Cristina Cabral (FCUL); Foraminíferos - Dr. Alejandro Cearreta (Universidade de Bilbao); Nanoplâncton calcário - Dr. Mário Cachão (FCUL).

### VI.1.1.3.1 Sondagem - MB

A sondagem MB, numa posição no sistema lagunar mais proximal ao oceano, inicia-se a ~ +2,9 m (NMM) e atinge a profundidade máxima de 39,85 m, atingindo o substrato Plio-Plistocénico aos 33 m (-30,2 m, NMM) (ver capítulo V - Métodos). O LOG simplificado e o LOG com descrição macroscópica podem ser observados no **Anexo IV**, nos pontos **A.IV.1.1.1** e **A.IV.1.1.2**, respectivamente. As fotografias dos vários segmentos da sondagem com os sedimentos, podem ser visualizadas no **Anexo V - Fotos A.V.2-8 a A.V.2-16**. Nesta sondagem os resultados analíticos permitiram a definição de quatro unidades principais que a seguir se descrevem e encontram-se expostos no **Anexo II - Tabela A.II.2-6 (sedimentologia)** e no **Anexo III - Tabela A.III.2-3 (geoquímica)**.

#### A) Sedimentologia

##### **Substrato (Profundidade: 39,85 a 33,00 m; Cota: -37,1 a -30,2 m, NMM)**

Com uma espessura com cerca de 7 m, consiste em sedimentos amarelo-acinzentados, sem matéria orgânica, sem carbonato de Ca, com características maioritariamente hiperácidas. Nos 6,9 m inferiores predominam areias pouco vasosas, finas a médias, moderadamente a moderadamente bem calibradas, com algum grau de cimentação, o que lhes confere maior dureza (facto comprovado pelos resultados de SPT efectuados durante a perfuração - ver **Anexo IV.1.1.2**). Pela semelhança entre os materiais desta unidade com os da unidade I incorporamos a totalidade das amostras como pertencentes à unidade I, na apresentação gráfica que suporta a discussão.

##### **Unidade I (Profundidade: 39,85 a 29,90 m; Cota: -37,1 a -27,1 m, NMM)**

Esta unidade, com espessura de 3,1 m, embora composicionalmente seja similar à inferior, não mostra um carácter tão cimentado e texturalmente é muito mais variada, contendo desde vasas arenosas a areias cascalhentas, variando o diâmetro médio e a calibragem da componente arenosa entre -0,56 e 2,93  $\phi$ , e entre bem moderadamente calibrado (0,43 a 1,1  $\phi$ ), respectivamente (**Figura VI.1-36, VI.1-37**).

##### **Unidade II (Profundidade: 29,90 a 23,55 m; Cota: -27,10 a -20,75 m, NMM)**

Os sedimentos desta unidade são desprovidos de carbonato de cálcio, contendo um vasto espectro textural (de vasas arenosas a areias), mas predominando as areias pouco vasosas (médias, moderadamente a bem calibradas) e as areias (grosseiras, moderadamente bem a bem calibradas), ocasionalmente cascalhentas (**Figuras VI.1-36, VI.1-37**). Por vezes surgem intercalados níveis de 10 a 30 cm de vasas arenosas, cuja componente arenosa é fina a média, moderadamente bem calibrada. Enquanto os níveis arenosos e areno-vasosos são praticamente desprovidos de matéria orgânica, esta encontra-se presente em teores que podem atingir cerca de 8 % nos níveis vasosos. Os materiais revelam uma grande amplitude de valores de pH (sedimentos alcalinos a hiperácidos) sem relação aparente com a textura. É de realçar que nesta unidade,

relativamente ao diâmetro médio da fracção arenosa ( $>63\ \mu\text{m}$ ) se pode distinguir, da base para o topo, uma sequência negativa (enriquecimento em grosseiros) à qual se segue uma sequência positiva (enriquecimento em componente fina).

**Unidade III (Profundidade: 23,55 a 16,2 m; Cota: -20,75 a -13,40 m, NMM)**

Esta unidade contrasta com as anteriores na textura, no teor de matéria orgânica e de carbonato de Ca. A variação destes parâmetros permite identificar duas sequências, uma basal positiva (enriquecimento em componente fina para o topo), à qual se segue uma sequência negativa. Estas variações justificam a subdivisão desta unidade em duas:

**Sub-unidade IIIA (Profundidade: 23,55 a 18,76 m; Cota: -20,75 a -15,96 m, NMM)**

Esta unidade inicia-se por depósitos de areias cascalhentas (onde a componente grosseira é composta maioritariamente por fragmentos de bioclastos) a areias vasosas pouco cascalhentas, que gradam para níveis de vasas pouco arenosas a vasas, tendo-se detectado inclusive um nível de 24 cm de material turfoso/lodo orgânico (19,18 a 19,42 m de profundidade). A característica mais contrastante desta sub-unidade é o enriquecimento da componente carbonatada que tem aqui a máxima expressão de toda a sondagem, atingindo 48 %. Este elevado teor de carbonato de cálcio está relacionado com a forte presença de fragmentos grosseiros bioclásticos (raras conchas inteiras), essencialmente de bivalves e gastrópodes, chegando por vezes a ser constituinte exclusivo da fracção grosseira do sedimento dos níveis arenosos e cascalhentos. Na base desta sub-unidade predominam as areias grosseiras a médias, enquanto para o topo estas passam a médias e finas, sendo ao longo de toda a sequência predominantemente mal a moderadamente calibradas. Os níveis mais grosseiros da base são empobrecidos em matéria orgânica, aumentando para o topo, nos níveis mais vasosos, revelando teores que podem atingir 27 % (nível turfoso). Os valores de pH conferem características predominantemente subalcalinas ao sedimento e raramente ácidas/hiperácidas, não se encontrando relação evidente com a textura ou com o teor de matéria orgânica.

**Sub-unidade IIIB (Profundidade: 18,76 a 16,2 m; Cota: -15,96 m a -13,40 m, NMM)**

A passagem para esta unidade é marcada pela diminuição brusca do teor de matéria orgânica e de carbonato de Ca, para valores inferiores a 0,5 % e a 5 %, respectivamente. A componente carbonatada está relacionada com a presença de fragmentos de conchas. Esta unidade é exclusivamente formada por areias finas pouco vasosas, moderadamente bem a bem calibradas na base da unidade, que passam a areias finas a médias, moderadamente bem a moderadamente calibradas. Os valores de pH revelam grande homogeneidade, variando os sedimentos entre características subalcalinas a alcalinas.

**Unidade IV (Profundidade: 16,2 a 0,0 m; Cota: -13,40 a +2,86 m, NMM)**

Um depósito de 16,2 m de espessura constitui a unidade que encima a sequência holocénica da sondagem MB. Esta espessa unidade é extremamente homogénea textural e composicionalmente, onde se intercala um depósito de 3,74 m de espessura que se destaca das anteriores características, pelo que esta quebra na monotonia sedimentar justifica a subdivisão em três sub-unidades:

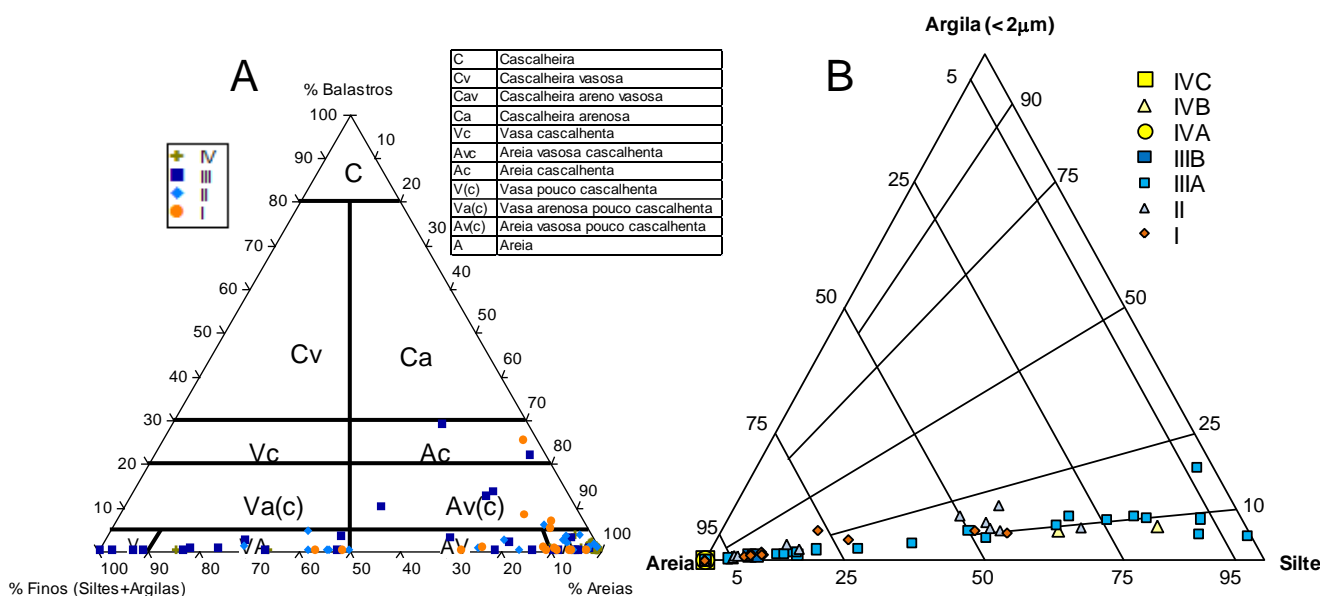
**Sub-unidade IVA (Profundidade: 16,2 a 5,44 m; Cota: -13,40 a -2,60 m, NMM)**

**Sub-unidade IVC (Profundidade: 1,7 a 0,0 m; Cota: +1,16 a +2,86 m, NMM)**

São constituídas por areias grosseiras muito bem a moderadamente bem calibradas, com características granulométricas muito semelhantes aos sedimentos actuais da região vestibular da laguna e da barreira arenosa (**Figuras VI.1-36, VI.1-37, VI.1-38**), contrastando com a unidade III pela ausência de sedimentos cascalhentos e vasosos, de matéria orgânica e pelo baixo teor em carbonato de Ca (<1,2 %). Este último resulta da escassa componente bioclástica dispersa sob a forma de pequenos fragmentos que se concentram na fracção mais grosseira. O pH dos sedimentos é muito variado (sedimentos hiperácidos a alcalinos), sem relação aparente com o conteúdo orgânico ou a textura.

**Sub-unidade IVB (Profundidade: 5,44 a 1,7 m; Cota: -2,60 a +1,16 m, NMM)**

Esta sub-unidade caracteriza-se por uma sequência de areias médias a grosseiras moderadamente a bem calibradas, com pouca matéria orgânica (<1,1 %), com teores de carbonato de Ca <4 %, intercaladas com vasas arenosas e pouco arenosas orgânicas e níveis de turfas/lodos orgânicos. Estes materiais orgânicos atingem valores máximos de 30 % de %MO, encontrando-se enriquecidos em fragmentos bioclásticos (4-11 %) comparativamente às areias que os englobam. O troço basal desta sub-unidade, de carácter mais arenoso, apresenta características subalcalinas, enquanto os níveis vasosos e turfosos e os arenosos que lhes são subjacentes revelam-se hiperácidos a ácidos (**Figura VI.1-37**), o que pode indicar a existência de fenómenos de lixiviação de ácidos orgânicos dos níveis turfosos/lodosos hiperácidos para os arenosos imediatamente subjacentes.



**Figura VI.1-36 - Projecção dos sedimentos das diferentes unidades/subunidades consideradas na sondagem MB (I, II, III e IV) da Lagoa de Melides em diagramas de Classificação Textural: A - de FOLK (1974, para sedimentos com mais de 5% de componente cascalhenta); B - de FLEMMING (2000, para sedimentos com menos de 5% de componente cascalhenta).**



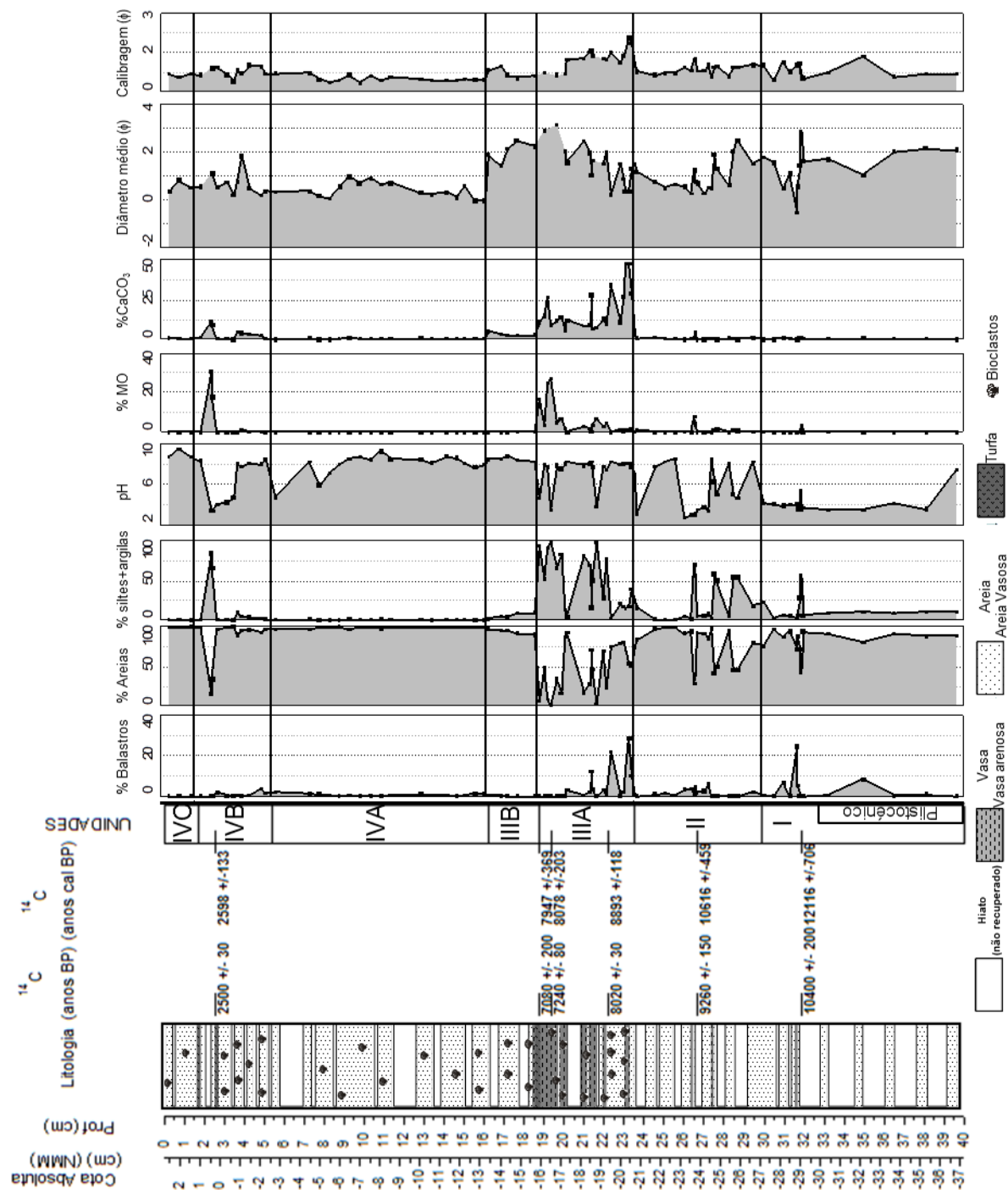
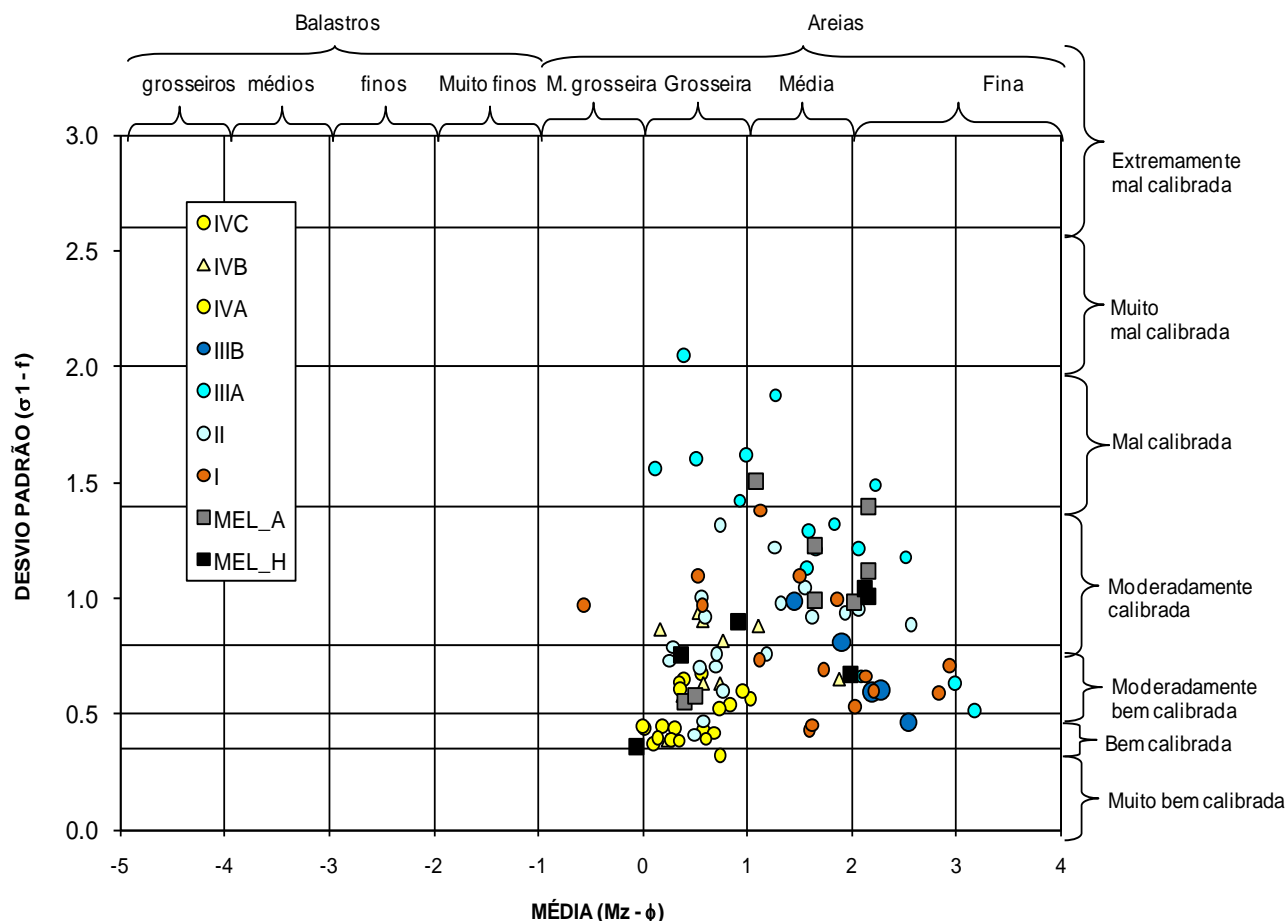


Figura VI.1-37 - Log, datações  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais dos parâmetros texturais e composicionais da sondagem MB da Lagoa de Melides.



**Figura VI.1-38** - Projecção dos parâmetros estatísticos obtidos pelo método gráfico dos sedimentos das diferentes unidades/subunidades consideradas na sondagem MB (I, II, III e IV) da Lagoa de Melides. Os quadrados referem-se a resultados de amostras de sedimentos actuais superficiais: cinzentos - estudo de CRUCES (2001, campanha A), negro - presente estudo (campanha H, ver **Figura VI.1-16**).

## B) Geoquímica

Os resultados da análise geoquímica dos elementos maiores, menores e vestigiais, que se encontram na **Tabela A.III.1-3 - Anexo III**, permitem avaliar a variação das concentrações destes elementos ao longo do tempo, verificando-se oscilações importantes que se ajustam aos limites anteriormente definidos para as diferentes unidades litológicas já caracterizadas relativamente à sedimentologia (**Figura VI.1-36, VI.1-37**).

As variações das concentrações do Si e do Al espelham de um modo geral as heterogeneidades texturais encontradas ao longo da sondagem, pelo que os níveis mais siliciclásticos grosseiros apresentam altos conteúdos em Si (máximos de 45 %) e baixos em Al (mínimo de 0,5 %), e pelo contrário, os níveis mais vasosos, revelam elevadas concentrações de Al (máximo de 9 %). A elevada e exclusiva correlação do Si com a fracção



$>63 \mu\text{m}$  ( $R = 0,85$  - **Tabela VI.1-14**), indica que a componente grosseira detrítica é extremamente enriquecida em mineraloclatos quártzicos. Esta afirmação é corroborada pelos resultados da análise factorial (**Figura VI.1-41**, **Tabela VI.1-15**); veja-se que no diagrama, relativamente ao Factor 1, o Si encontra-se no quadrante inferior esquerdo, juntamente com a fracção  $>63 \mu\text{m}$  e as razões  $(\text{La}/\text{Sm})_n$  e  $(\text{La}/\text{Yb})_n$  (quanto mais elevadas estas razões maior a influência terrígena durante os eventos de sedimentação - ver mais à frente na discussão dos Elementos das Terras Raras - ETR), em oposição à quase maioria das restantes variáveis que estão associadas à fracção  $<63 \mu\text{m}$  e ao Al (constituente essencial da fracção silto-argilosa). A associação entre o Al e a maior parte dos elementos, nomeadamente os grandes litófilos (ex: K, Rb, Th, Ti), os metais pesados e as Terras Raras, indicam a grande importância do sistema fluvial na contribuição de material terrígeno fino (silto-argiloso), mesmo nos níveis onde a componente bioclástica é importante. De um modo geral, o testemunho sedimentar analisado caracteriza-se por elevadas concentrações de Si e baixas de Al, com excepção da sub-unidade IIIA que revela um comportamento diferenciado das restantes unidades (baixo Si - mínimo de 17%; elevado Al - máximo de 9%), reflexo do seu carácter essencialmente vasoso. Estas vasas, pobres em Si, incorporam concentrações importantes da maior parte dos elementos analisados. Níveis igualmente vasosos são encontrados na unidade II, embora o seu carácter seja maioritariamente siliciclástico.

Para além da informação sobre a textura, o quimismo dos sedimentos permite fazer algumas considerações sobre a presença de componente bioclástica carbonatada, a natureza das fontes sedimentares (continental/marinha) e sobre a maior ou menor influência do sistema continental ou marinho durante a evolução deste sistema, ao longo do tempo.

Embora na maior parte dos casos as oscilações das concentrações de Al espelhem as do Si, variando os perfis em sentido contrário (**Figura VI.1-39**, **VI.1-40**), é notório em alguns níveis a ocorrência de empobrecimento simultâneo nestes dois componentes, o que pressupõe o incremento de outro(s) componente(s) em detrimento dos primeiros. Este comportamento é visível nos materiais da sub-unidade IIIA e deve-se ao aumento da componente carbonatada (bioclastos), reflectindo-se num incremento das concentrações de Ca e Sr, atingindo valores máximos de 8,6 % e 429 mg/kg, respectivamente. Nas restantes unidades, a presença de Ca e Sr é diminuta, caso das (sub)unidades I, II, IVA e IVC com concentrações inferiores a 0,4 % e 82 mg/kg, respectivamente. Estes dois elementos apresentam um factor de correlação elevado com a percentagem de  $\text{CaCO}_3$  ( $R_{\text{Ca}} = 0,91$ ;  $R_{\text{Sr}} = 0,89$  - **Tabela VI.1-14**), associação igualmente confirmada pela análise factorial (**Figura VI.1-41**), projectando-se estas variáveis próximas umas das outras, no hemisfério positivo do Factor 2, encontrando-se associadas ao I, Br, Cl, Mo, P, S e %MO. Esta proximidade entre a componente bioclástica carbonatada (Ca, Sr, % $\text{CaCO}_3$ ) e os indicadores de afinidade marinha (Br, Cl, S), sugere forte influência do meio marinho durante a deposição destes níveis. Pelo exposto, infere-se que a maior influência marinha é notada na sub-unidade IIIA, onde se registam as concentrações máximas de Br (180 mg/kg), Cl (1,2 %), I (4 mg/kg), S (2,8 %), Mo (13 mg/kg), P (0,07 %), mais acentuada para o topo da sub-unidade, e pontualmente na unidade II e sub-unidade IVB. Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos valores máximos encontrados na laguna actualmente (**Figura VI.1-19**).

Quanto à definição das fontes dos sedimentos, os iões litófilos como o K, Rb, Th, Ti, Y e os Elementos das Terras Raras Leves - ETR (“REE - Rare Earth Elements”: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu - a sublinhado os elementos analisados) encontram-se enriquecidos no sistema continental, pelo que podem ser utilizados como indicadores dos aportes terrígenos continentais, definindo-se períodos onde o fluxo continental se sobrepõe à influência marinha durante a evolução deste sistema. Todos os elementos anteriormente citados apresentam importante correlação com o Al e logo com a fracção fina do sedimento (veja-se a **Tabela VI.1-15** e o diagrama da análise factorial **Figura VI.1-41**), sugerindo a forte assinatura continental da componente detrítica dos níveis mais vasosos, mesmo aqueles onde a componente carbonatada biogénica e os elementos paleosalinos indiciam importante influência marinha. Efectivamente, se analisarmos o padrão de distribuição das concentrações dos ETR normalizados com o valor das concentrações dos mesmos elementos nos meteoritos do tipo Condritos (**Figura VI.1-42**) (um dos métodos de normalização utilizando uma referência externa ao sistema em análise - HENDERSON, 1986), verifica-se que a curva é muito semelhante às de padrões considerados como típicos de sedimentos, com assinatura semelhante à da crusta continental superior (onde se regista fraccionação dos ETR). Consideram-se neste caso os padrões internacionais NASC (“North American Shales Composite”), PAAS (“Post-Archean Australian Shale”) e ES (“European Shale Composite”), cujas concentrações dos ETR correspondem aos valores médios de amostras compósitas de argilitos (McLENNAN *et al.*, 2003) (no caso do NASC, corresponde à média do resultado de 40 argilitos - “shales”) (HENDERSON, 1986). A curva destes padrões quando normalizados com os “Condritos”, revela que os primeiros são enriquecidos em ETRL (Elementos das Terras Raras Leves, “LREE - Light Rare Earth Elements”) em detrimento dos ETRP (Elementos das Terras Raras Pesados, “HREE - Heavy Rare Earth Elements”), com ligeira anomalia no Eu. Embora se verifique semelhança entre a forma das curvas das amostras analisadas no presente estudo com a do padrão NASC, note-se que algumas se encontram deslocadas mais para a base do diagrama indicando empobrecimento em ETR, facto mais acentuado em alguns níveis das unidades I, II, IIIA, IIIB, IVA e IVC (**Figura VI.1-43**). De facto, se as concentrações forem normalizadas com as do NASC, verifica-se que o empobrecimento chega em alguns casos a uma ordem de grandeza (**Figura VI.1-43**). Nestas condições estão certos níveis que correspondem a sedimentos “grosseiros”, onde uma das premissas se verifica: 1) sedimentos sem ou com escassa componente vasosa (que nesta sondagem é claramente a portadora dos ETR), muito ricos em grãos de quartzo (ex: unidade IV); 2) sedimentos com importante componente bioclástica carbonatada (ex: alguns níveis da unidade II e sub-unidade IIIA). Note-se que após os processos de meteorização e erosão das rochas continentais, a maior parte dos ETR está concentrada nas argilas, enquanto o quartzo, outro elemento abundante nos produtos de meteorização, é empobrecido nestes elementos. No entanto, se nos níveis arenosos estiverem presentes grãos, por exemplo, de apatite ou zircão (minerais concentradores de ETR), então poderíamos ter nestes depósitos arenosos níveis atipicamente elevados em ETR (HENDERSON, 1986). Deste modo, os baixos valores de ETR registados nos níveis siliciclásticos confirmam a caracterização mineralógica macroscópica dos sedimentos, que indicava uma componente grosseira rica em quartzo. Segundo o mesmo autor, os calcários e os materiais biogénicos

carbonatados são ainda mais empobrecidos em ETR, pelo que nos diagramas das **Figuras VI.1-42 e VI.1-43** as amostras que apresentam uma das duas premissas ou reúnem as duas aparecem projectadas mais para a base do diagrama, como consequência do empobrecimento acentuado em ETR.

Uma outra aproximação que pode ser conseguida com os resultados dos ETR é através da razão entre as concentrações normalizadas (com o NASC) de um ETRL e um ETRP, como por exemplo  $(La/Lu)_n$  ou  $(La/Yb)_n$ , indicando o grau de fraccionação entre ETRL e os ETRP, o que pode contribuir para a definição das fontes sedimentares. Se ao longo da sondagem os valores se revelarem homogéneos, significará a manutenção da fonte sedimentar detrítica; por outro lado, de uma forma geral, quanto maior for o valor da razão, mais importante é a contribuição dos aportes continentais ao sistema. Informações análogas podem ser obtidas utilizando a razão entre dois elementos extremos do grupo dos ETRL ou dos ETRP, por exemplo  $(La/Sm)_n$ . Os perfis da razão  $(La/Yb)_n$  e  $(La/Sm)_n$ , encontram-se na **Figura VI.1-40**. Embora estas razões não apresentem correlações elevadas com nenhum elemento, se utilizadas em conjunto com os valores das concentrações dos elementos paleosalinos, podem ajudar a corroborar a interpretação de uma maior ou menor influência marinha no sistema. Em toda a sequência é na unidade II e IIIA que o perfil se revela serrilhado (com maiores oscilações) e onde se registam os valores mais baixos destas razões. A estas depleções (um nível na unidade II e região intermédia e topo da sub-unidade IIIA) estão associados, de um modo, geral, picos de Br, Cl, I e S (elementos paleosalinos). Estas oscilações sugerem que a influência dos aportes continentais terrígenos alternou no tempo com outros episódios de maior influência marinha, sendo aqui estes os mais importantes de toda a sequência. Pelo contrário, a menor amplitude observada nos valores destas razões dos ETR, observadas na unidade I, IIIB e IV, sugerem a manutenção da mesma fonte sedimentar ao longo da deposição destas unidades.

Relativamente aos metais pesados (por definição na presente dissertação os elementos que sejam “Metais”, com número atómico superior a 20 (superiores ao Vanádio, incluindo este) e com densidade superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ ), foram analisados os seguintes elementos: V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Pb. Dá-se aqui especial ênfase aqueles que estão associados a problemas ambientais e por serem essenciais para estabelecer os “valores naturais do sistema” pré-antrópicos (V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb). Refere-se aqui também o elemento As (embora não incluído no grupo dos metais pesados) por ser reconhecida a sua perigosidade em termos ambientais, quando presente em concentrações muito elevadas e o elemento S pela sua afinidade com os metais pesados para formar sulfuretos quando em ambiente anóxico.

É de assinalar ao longo da sondagem três níveis onde se detectaram, de uma forma geral, teores mais elevados da maior parte dos metais, correspondendo do topo para a base, às amostras 2,57 - 2,58 m (unidade IVB), 18,83 - 18,84 m (unidade IIIA) e à 21,66 - 21,67 m (unidade IIIA). Também são de assinalar mais quatro níveis com assinatura idêntica mas com teores um pouco mais baixos (19,23 - 19,24 m, 26,62 - 26,63 m, 27,52 - 27,53 m, 28,69 - 28,70 m - unidades IIIA e II) (**Figuras VI.1-39, VI.1-40, VI.1-44, Tabela VI.1-16**). Note-se que os três níveis com as concentrações mais elevadas são sedimentos de textura vasosa (vasas a vasas arenosas), logo com mais de 50 % de fracção fina e cumprem, em simultâneo, dois critérios: são de

características ácidas e ricos em matéria orgânica. Estas condições promovem a mobilidade da maior parte dos metais e se houver disponibilidade de enxofre e existirem condições anóxicas, permanecem nos sedimentos sob a forma de sulfuretos. É ainda digno de ser assinalada a amostra do topo da sondagem (0,40 - 0,42 m) por apresentar apenas valores muito elevados de Ni e Cr que até ao momento não se consegue justificar.

É importante assinalar que mesmo sendo níveis com teores elevados comparativamente com as restantes amostras, não são muito elevados quando os comparamos com os do material de referência internacional (“Average Shale”), considerado material não contaminado. Note-se no entanto que no caso do Zn, do Mo e do Pb, encontramos alguns valores acima. No caso do Zn uma amostras mas no caso do Mo e do Pb apenas uma das amostras da ***Tabela VI.1-16***, não excede as do “Average Shale”. Sabendo que os níveis referidos têm mais de 2600 anos cal BP, podemos assumir que estes valores apesar de elevados representam o valor natural do sistema e deve ter-se este facto em conta quando se pretende avaliar o enriquecimento antrópico dos sedimentos superficiais da laguna de Melides.

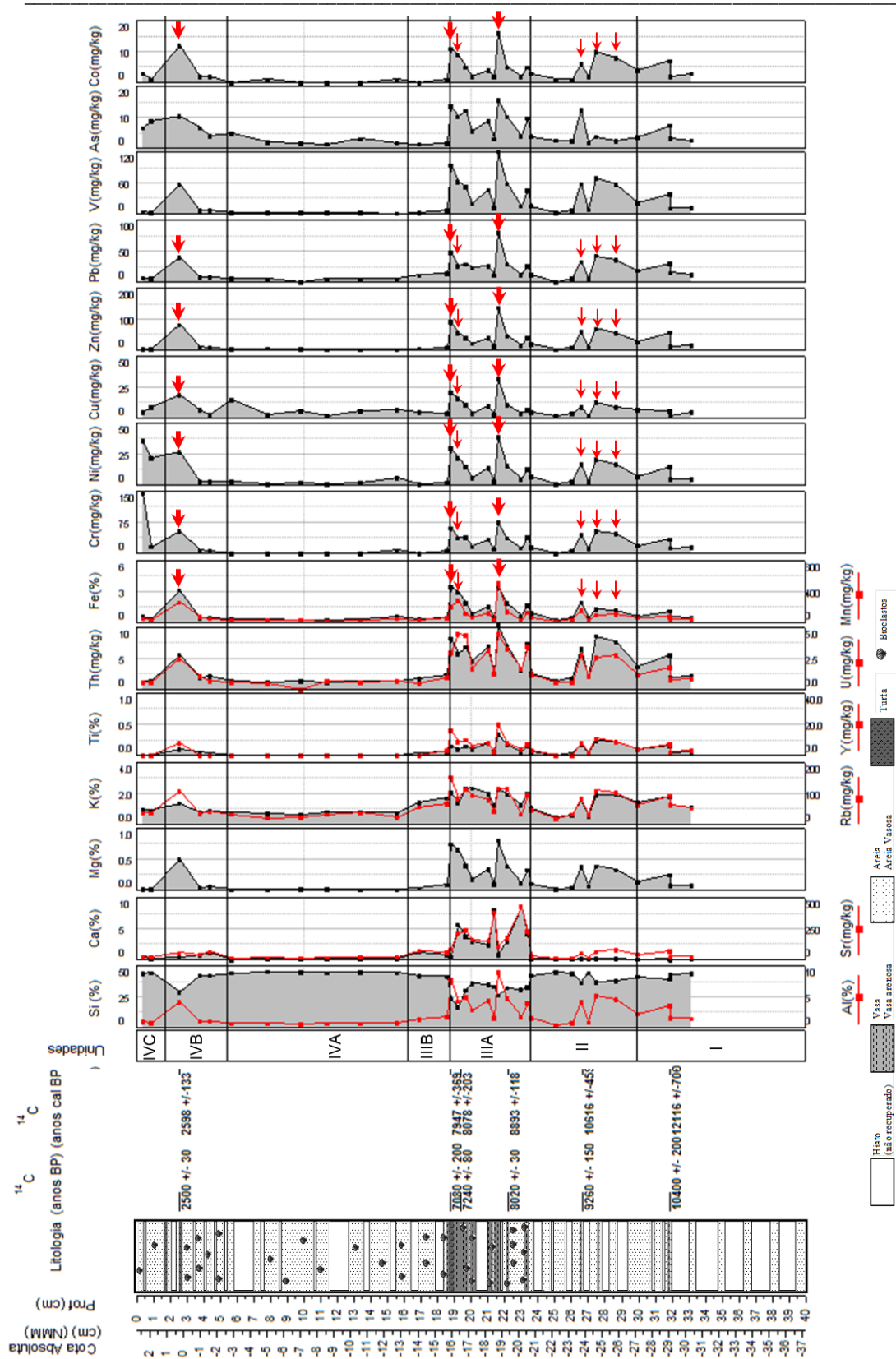


Figura VI.1-39 - Log, datações (<sup>14</sup>C), unidades e sub-unidades definidas e perfis verticais dos parâmetros composicionais do testemunho sedimentar MB. As setas a vermelho assinalam os níveis enriquecidos em metais (vermelhas mais espessas - três eventos de concentrações mais elevadas; vermelhas menos espessas - outros eventos mas com teores um pouco mais baixos).

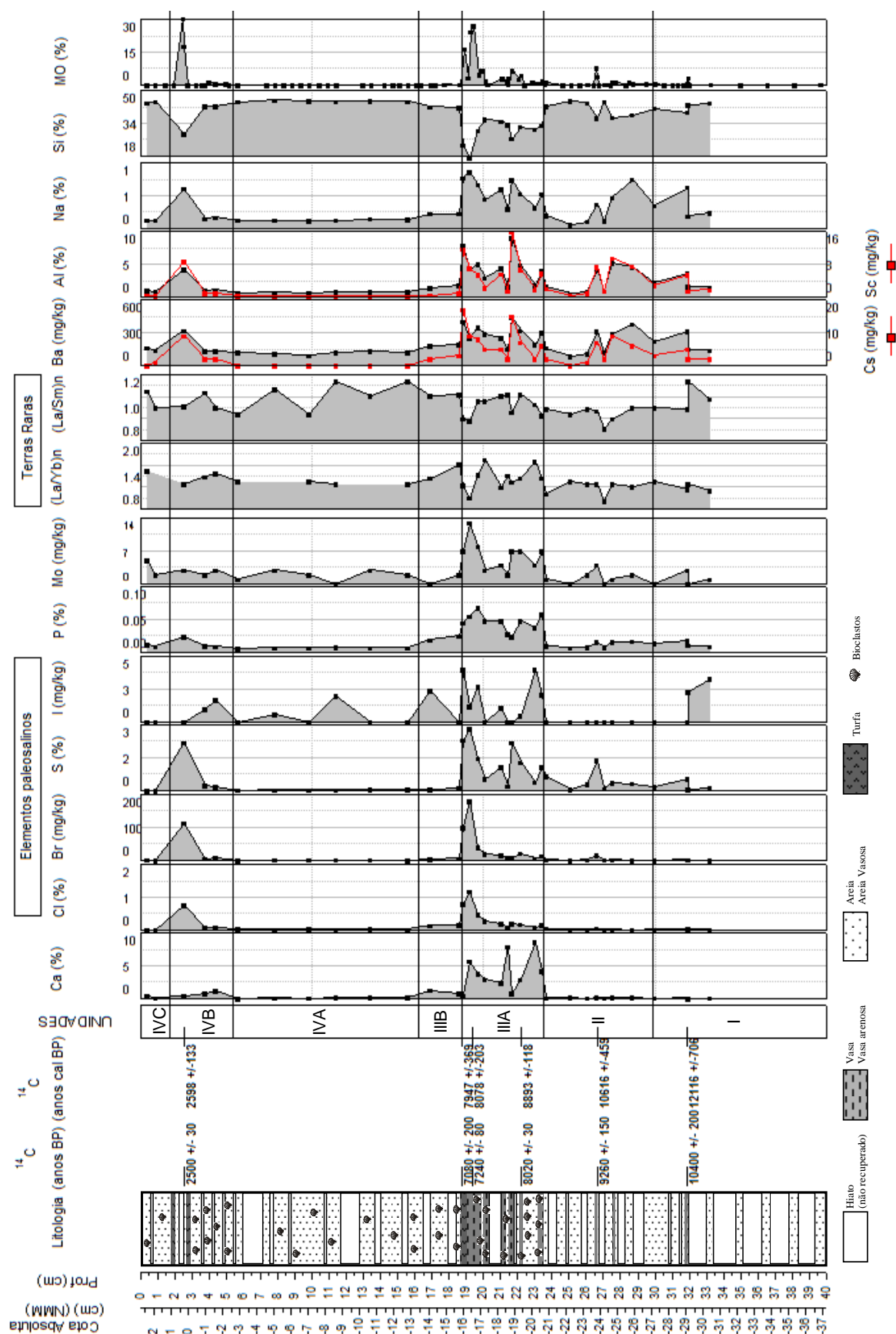


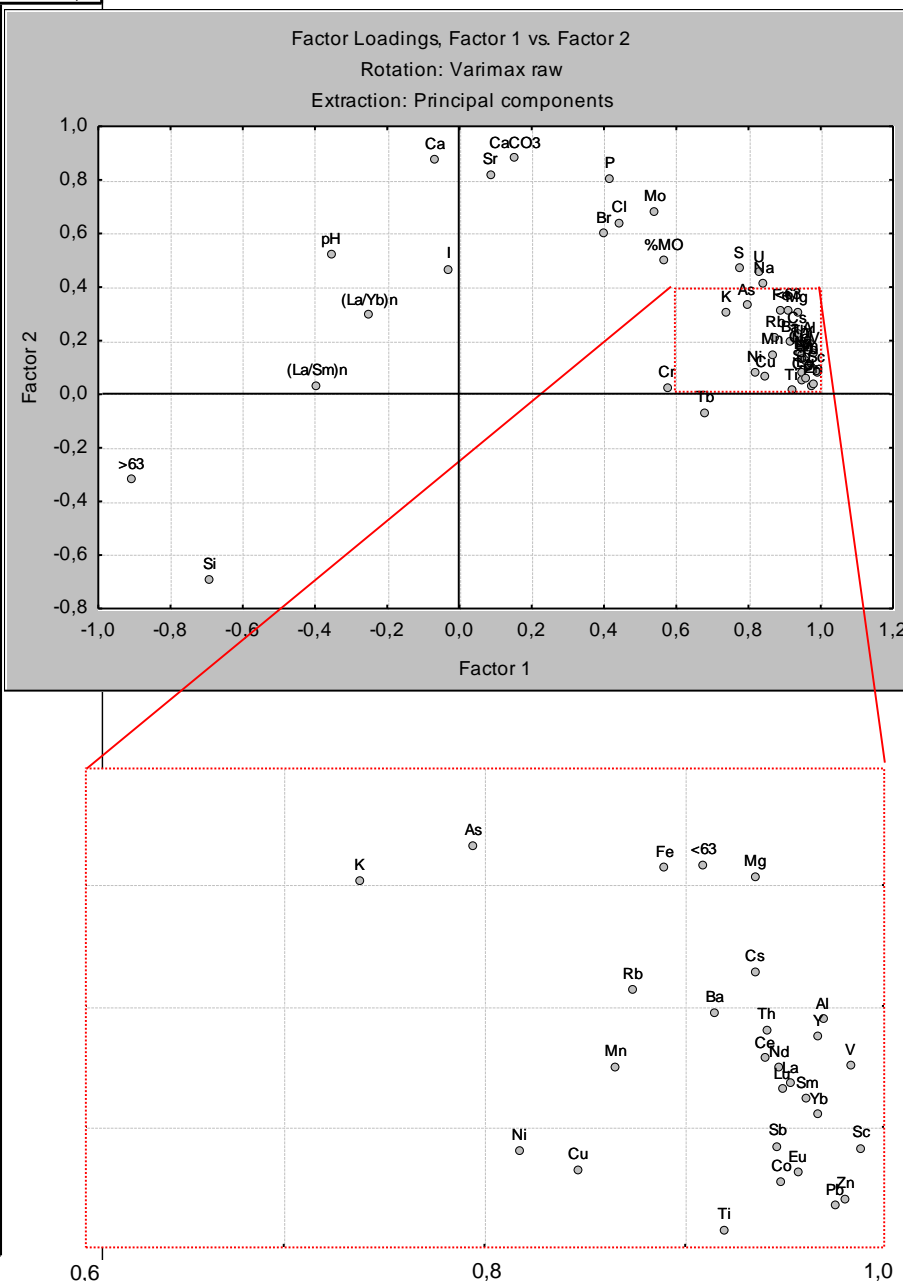
Figura VI.1-40 - Log, datações ( $^{14}\text{C}$ ), unidades e sub-unidades definidas e perfis verticais dos parâmetros composicionais do testemunho sedimentar MB.

Correlations (MS-STATISTICA)																																														
Marked correlations are significant at p < 0.0500																																														
N=31 (Casewise deletion of missing data)																																														
Variable	Si	Ca	Pb	Zn	Mn	Sr	V	Ca	P	Mg	Ti	Al	K	Y	S	I	Cl	As	Ba	Br	Co	Cr	Cs	Fe	Mo	Na	Rb	Sb	Sc	Th	U	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	>63 %MO	pH	CaCO <sub>3</sub> <63	(La/Yb)n	(La/Sm)n		
Si	-0.68	-0.70	-0.73	-0.63	-0.74	0.01	-0.85	-0.56	-0.74	-0.68	-0.60	-0.79	-0.49	-0.78	-0.92	-0.62	-0.76	-0.73	-0.79	-0.73	-0.39	-0.82	-0.97	-0.83	-0.66	-0.76	-0.70	-0.75	-0.74	-0.86	-0.71	-0.71	-0.74	-0.72	-0.67	-0.46	-0.72	-0.72	-0.68	-0.63	-0.44	-0.73	-0.8	0.04	0.31	
Ca	-0.68	1.00	0.84	0.86	0.76	0.90	0.05	-0.89	-0.40	0.31	0.85	-0.60	-0.79	-0.49	-0.78	-0.92	-0.62	-0.76	-0.73	-0.79	-0.73	-0.39	-0.82	-0.97	-0.83	-0.66	-0.76	-0.70	-0.75	-0.74	-0.86	-0.71	-0.71	-0.74	-0.72	-0.67	-0.46	-0.72	-0.72	-0.68	-0.63	-0.44	-0.73	-0.8	0.04	0.31
Pb	-0.70	0.84	0.86	0.76	0.90	0.05	-0.89	-0.40	0.31	0.85	-0.60	-0.79	-0.49	-0.78	-0.92	-0.62	-0.76	-0.73	-0.79	-0.73	-0.39	-0.82	-0.97	-0.83	-0.66	-0.76	-0.70	-0.75	-0.74	-0.86	-0.71	-0.71	-0.74	-0.72	-0.67	-0.46	-0.72	-0.72	-0.68	-0.63	-0.44	-0.73	-0.8	0.04	0.31	
Zn	-0.63	0.74	1.00	0.98	0.79	0.87	0.17	-0.96	-0.01	0.42	0.91	0.32	0.96	0.79	0.96	0.73	0.01	0.41	0.76	0.32	0.35	0.94	0.83	0.86	0.49	0.82	0.87	0.92	0.80	0.90	0.92	0.90	0.93	0.94	0.95	0.71	0.94	0.93	0.92	0.91	0.93	0.92	0.91	-0.30	-0.40	-0.30
Mn	-0.73	0.86	0.98	1.00	0.89	0.13	0.97	-0.01	0.38	0.94	0.88	0.95	0.69	0.85	0.80	0.01	0.48	0.79	0.89	0.45	0.97	0.94	0.93	0.91	0.53	0.83	0.94	0.90	0.90	0.92	0.90	0.93	0.93	0.93	0.70	0.93	0.92	0.91	0.92	0.91	0.93	0.92	0.91	-0.23	-0.40	-0.30
Sr	-0.63	0.76	0.79	0.81	1.00	0.78	0.06	-0.03	0.34	0.78	0.69	0.78	0.53	0.76	0.70	0.05	0.47	0.76	0.44	0.86	0.91	0.76	0.81	0.62	0.68	0.80	0.81	0.71	0.67	0.72	0.74	0.73	0.72	0.59	0.74	0.71	0.71	0.67	0.59	0.71	0.18	0.17	0.18	-0.23	-0.40	-0.30
V	-0.74	0.90	0.87	0.89	0.78	1.00	0.13	0.87	0.05	0.38	0.79	0.63	0.53	0.83	0.85	0.06	0.56	0.81	0.73	0.95	0.88	0.51	0.83	0.91	0.62	0.65	0.73	0.65	0.87	0.78	0.76	0.78	0.76	0.79	0.76	0.72	0.80	0.78	0.78	0.69	0.26	0.28	0.8	-0.21	-0.30	-0.30
Ca	-0.61	0.05	0.17	0.13	0.06	0.13	1.00	0.22	0.07	0.71	0.27	0.25	0.26	0.41	0.27	0.35	0.27	0.26	0.29	0.22	0.11	0.22	0.22	0.12	0.48	0.40	0.22	0.24	0.17	0.31	0.46	0.30	0.30	0.28	0.23	0.00	0.25	0.29	-0.3	0.4	0.89	0.3	0.39	0.01		
P	-0.96	-0.04	0.01	-0.03	0.05	0.97	0.08	1.00	0.85	0.16	0.07	0.11	0.25	0.12	0.14	0.34	0.31	0.11	0.28	0.01	0.09	0.12	0.48	0.28	0.06	0.08	0.13	0.14	0.16	0.14	0.12	0.14	0.14	0.12	0.05	0.09	0.13	0.12	0.07	0.47	0.91					



**Figura VI.1-41 - Gráfico Factor1 versus Factor2 da Análise Factorial considerando 47 variáveis (sedimentologia e geoquímica) e 31 casos (amostras).**

Variable	Factor Loadings (Varimax raw) (M Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000))		Factor 2
	Factor 1	Factor 2	
Si	-0.69074	-0.691103	
Cu	0.84663	0.064906	
Pb	0.97446	0.034930	
Zn	0.97974	0.040990	1.0
Ni	0.81756	0.080557	
Mn	0.86527	0.149951	0.8
Sr	0.08634	0.822389	
V	0.98209	0.151269	0.6
Ca	-0.06840	0.875865	
P	0.41611	0.805669	0.4
Mg	0.93515	0.307251	
Ti	0.91970	0.015178	0.2
Al	0.96851	0.189290	
K	0.73770	0.304193	0.0
Y	0.96617	0.175101	
S	0.77278	0.472064	-0.2
I	-0.02968	0.468258	
Cl	0.44345	0.641972	-0.4
As	0.79464	0.333182	
Ba	0.91468	0.194770	-0.6
Br	0.40085	0.599060	
Co	0.94784	0.054948	-0.8
Cr	0.57521	0.026445	
Cs	0.93481	0.228196	-1.0
Fe	0.88975	0.314958	
Mo	0.54041	0.683505	
Na	0.84208	0.416092	
Rb	0.87383	0.213816	
Sb	0.94602	0.084397	
Sc	0.98783	0.082760	
Th	0.94042	0.180371	
U	0.82994	0.454478	
La	0.95225	0.135993	
Ce	0.93965	0.157011	
Nd	0.94666	0.148984	
Sm	0.96070	0.123166	
Eu	0.95592	0.062133	
Tb	0.67885	-0.067254	
Yb	0.96651	0.110588	
Lu	0.94814	0.131295	
>63	-0.90911	-0.316849	
%MO	0.56564	0.499872	
pH	-0.35459	0.523737	
CaCO3	0.15279	0.882244	
<63	0.90911	0.316849	
(La/Yb)n	-0.25000	0.296380	
(La/Sm)n	-0.39481	0.031419	
Expl. Var	29.49019	7.049455	
Prp. Totl	0.62745	0.149988	



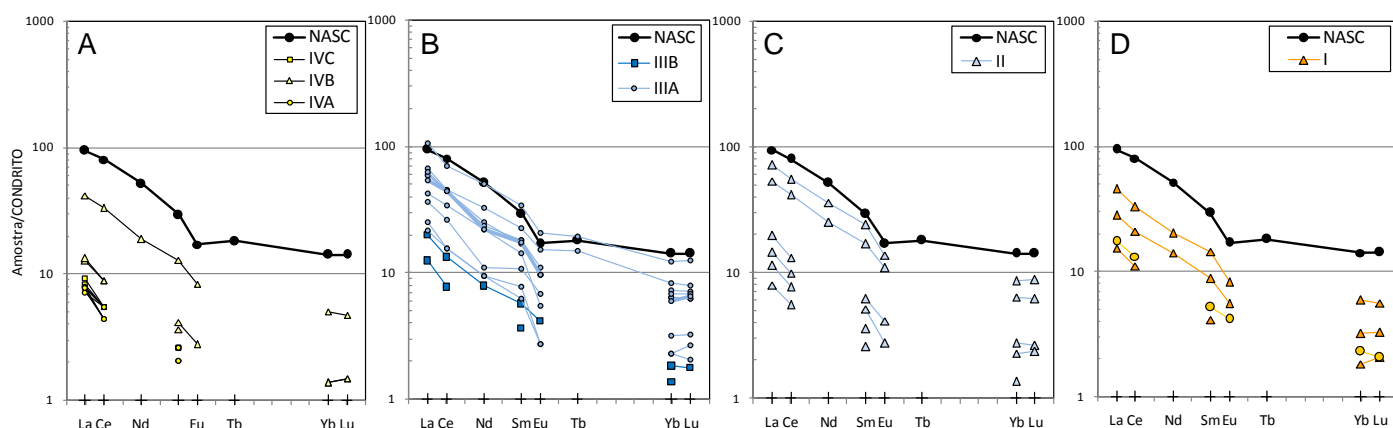


Figura VI.1-42 - Abundâncias dos ETR das amostras da sondagem MB normalizadas para os “Condritos”. Valores dos “Condritos” de WAKITA et al. (1971) e do NASC de EVENSEN et al. (1978) ambos in HENDERSON (1986).

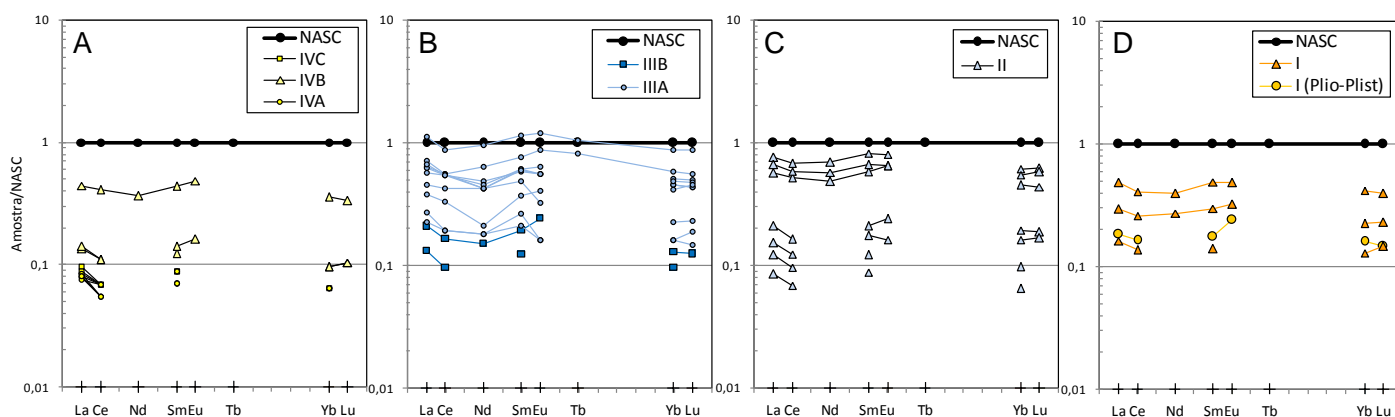
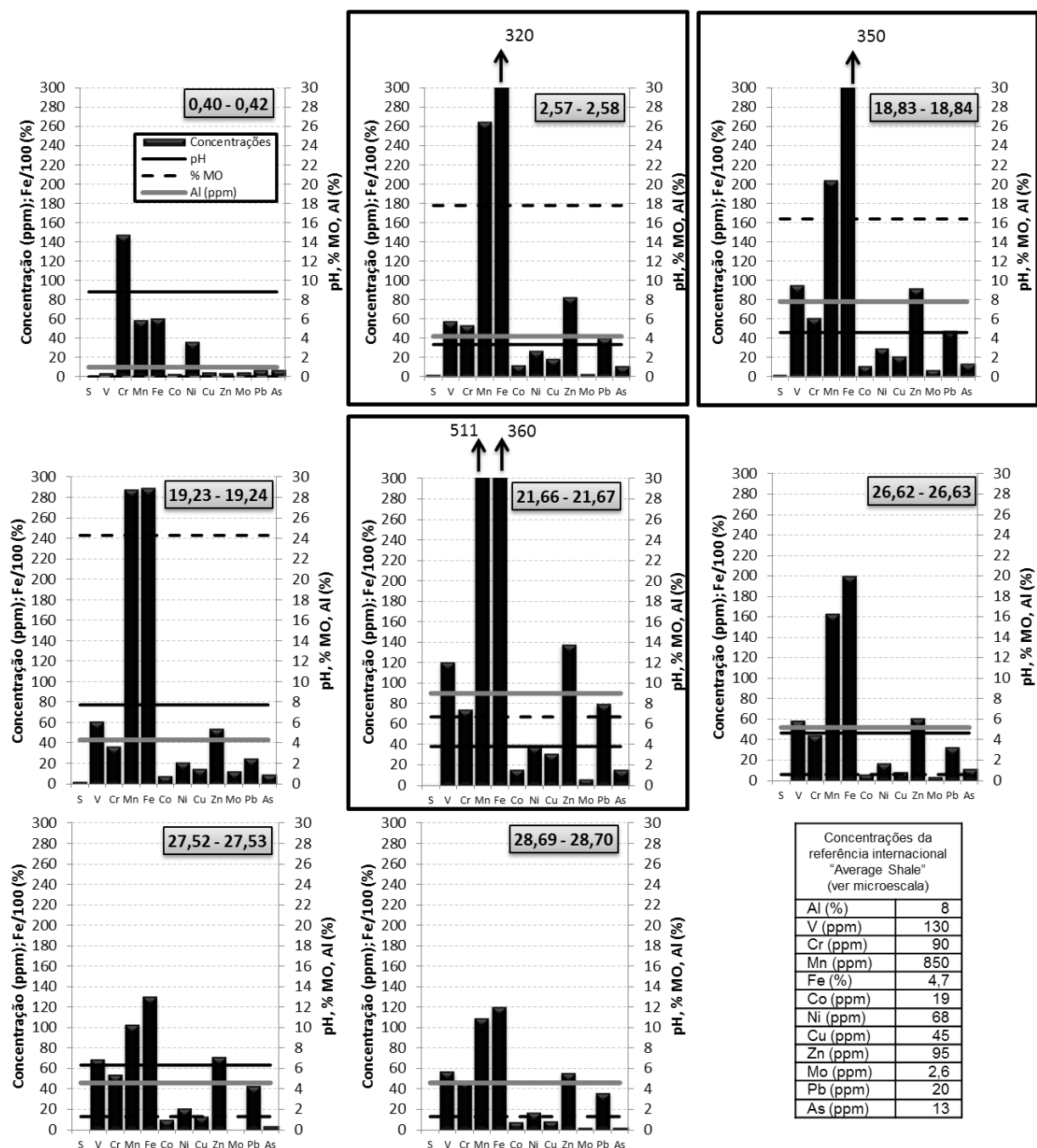


Figura VI.1-43 - Abundâncias dos ETR das amostras das várias unidades da sondagem MB normalizadas para o NASC. Valores do NASC de EVENSEN et al. (1978) in HENDERSON (1986).

Tabela VI.1-16 - Características texturais/composicionais e concentrações dos metais pesados e do Al, S e As nos níveis com os valores mais elevados na sondagem MB (Lagoa de Melides). No final, para comparação, apresentam-se os valores da Referência Internacional - “Average Shale” - usada como material não contaminado.

Unidade	Ref <sup>a</sup> amostra (m)	% > 63 µm	Classificação	% MO	pH	Classificação	Al	S	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Pb	As
IVC	0,40-0,42	99,3	Areia	0,0	8,82	Alcalino	1,0	<L.D.	4	147	59	0,6	3	36	5	4	5	7	7
IVB	2,57-2,58	34,0	Vasa arenosa	17,8	3,35	Hiperácido	4,2	2,2	58	54	265	3,2	12	27	19	83	3	40	11
IIIA	18,83-18,84	7,3	Vasa pouco arenosa	16,4	4,61	Ácido	7,8	2,3	95	61	204	3,5	11	30	21	92	7	48	14
IIIA	19,23-19,24	9,0	Vasa pouco arenosa	24,3	7,72	Subalcalino	4,3	2,8	62	38	288	2,9	9	22	16	55	13	26	10
IIIA	21,66-21,67	3,0	Vasa	6,7	3,81	Hiperácido	9,0	2,2	121	75	511	3,6	16	39	32	138	7	80	16
IIIA	26,62-26,63	44,3	Vasa arenosa	4,0	3,08	Hiperácido	4,2	1,4	59	45	163	2,0	6	17	9	61	4	33	12
IIIA	27,52-27,53	42,1	Vasa arenosa	1,3	6,34	Subácido	5,2	0,4	69	54	103	1,3	10	21	13	71	1	43	4
IIIA	28,69-28,70	45,9	Vasa arenosa	0,6	4,66	Ácido	4,6	0,3	57	48	109	1,2	8	17	9	56	2	36	2
Average Shale	-	-	Argilito	-	-	-	8,0	-	130	90	850	4,7	19	68	45	95	2,6	20	13

<L.D. - inferior ao Limite de Detecção.



**Figura VI.1-44** - Comparação dos teores dos metais pesados, do As e do S nos níveis onde se encontraram valores mais elevados. É feita também a comparação com os teores de Al, a percentagem de matéria orgânica e o pH de cada amostra. As três amostras com os teores mais elevados estão assinaladas com uma caixa preta em torno do gráfico (referências: 2,57 - 2,58 m; 18,83 - 18,84 m; 21,66 - 21,67 m). Apresentam-se ainda para comparação os valores da Referência Internacional ("Average Shale") utilizada como material não contaminado de textura essencialmente vasosa.

### C) *Interpretação ambiental*

Os resultados até agora apresentados (sedimentológicos e geoquímicos: química elementar) da sondagem MB, permitiram a definição de quatro unidades distintas, depositadas durante o Holocénico (ver ponto: idades de radiocarbono, modelos de idade e taxas de sedimentação, mais à frente), que assentam sobre um substrato essencialmente arenoso (Plistocénico), por vezes mais ou menos cimentado. À informação obtida pela autora, adicionam-se agora os resultados fornecidos pelos indicadores paleoecológicos (foraminíferos - ALDAY, 2004, ostracodos - CABRAL *et al.*, 2006; nanoplâncton calcário - RAMALHO, em preparação) que serão utilizados para melhor caracterizar a evolução desta região durante o Holocénico, comparando-se as unidades definidas no presente estudo com as estabelecidas pelos referidos autores (**Figura VI.1-45**). As associações paleoecológicas permitiram a definição de:

- Quatro ZONAS (e sub-zonas) de FORAMÍNIFEROS: ZF1, ZF2, ZF3(a,b,c), ZF4(a,b,c)
- Três ZONAS (e sub-zonas) de OSTRACODOS: ZO I, ZO II(A,B), ZO III;
- Três ZONAS de NANOPLÂNTON CALCÁRIO: ZNC A, ZNC B, ZNC C.

#### **Unidade I (Profundidade: 39,85 a 29,90 m; Cota: -37,01 a -27,10 m, NMM)**

Esta unidade, que inclui o Plistocénico, é essencialmente arenosa e caracteriza-se pela ausência de carbonato de Ca e matéria orgânica, dominando nos cerca de 7 m inferiores um maior grau de cimentação (Plistocénico), conferindo maior dureza aos materiais. Os restantes sedimentos subjacentes, de natureza maioritariamente arenosa, apresentam menor grau de compactação. Os indicadores geoquímicos revelam baixas concentrações de elementos com afinidade marinha e elevadas concentrações de elementos continentais.

Esta unidade corresponde à ZF1 + parte inferior da ZF2, à metade inferior da ZO I e à metade inferior da ZNCA, que se caracterizam por ausência completa de foraminíferos, ostracodos e nanoplâncton calcário, respectivamente.

As características texturais e composicionais desta unidade associadas à ausência de foraminíferos, ostracodos e nanoplâncton calcário, permitem atribuir aos 7 m inferiores idade plio-pleistocénico, principalmente pelas semelhanças reveladas entre estes e o Plio-pleistocénico regional, correspondendo ao substrato regional do vale da ribeira de Melides. No entanto, os restantes materiais apresentam similitudes com os observados na base da sondagem LSA efectuada na várzea da Lagoa de Santo André que recuperou o enchimento Tardiglacial e Holocénico (ANDRADE & FREITAS *et al.*, 1993) e aos quais está atribuída a idade pleistocénica. Efectivamente, a idade de radiocarbono avaliada para um nível desta unidade (31,90-31,91 m) devolveu a idade calibrada de 12 116 anos cal BP, pelo que confirma a analogia anteriormente exposta, que os três metros superiores desta unidade correspondem ao início do enchimento fluvial.

**Unidade II (Profundidade: 29,90 a 23,55 m; Cota: -27,10 a -20,75 m, NMM)**

Nesta unidade os sedimentos continuam desprovidos de carbonato de Ca mas texturalmente assiste-se à deposição alternada entre materiais vasosos e arenosos, encontrando-se os primeiros enriquecidos em matéria orgânica. Do mesmo modo, registam-se oscilações nas concentrações dos elementos terrígenos e paleosalinos, sugerindo o início de uma influência marinha no sistema, embora ténue, pois nos níveis amostrados não se atingem concentrações elevadas ( $Br_{\text{máximo}} = 16 \text{ mg/kg}$  - amostra: 26,62-26,63, cota: -23,83 m).

Corresponde à restante ZF2 e às metades superiores da ZO I e da ZNC A, estas duas últimas desprovidas de ostracodos e nanoplâncton calcário, respectivamente. Na ZF2 o conteúdo em foraminíferos é escasso, referindo-se que das 25 amostras analisadas, apenas em seis se contabilizaram número de foraminíferos/cm<sup>3</sup> superior a 19, enquanto nas restantes, as contagens revelam número de foraminíferos/cm<sup>3</sup> inferior a 3 ou mesmo ausência total, sendo esta última a situação mais comum. Dos seis níveis anteriormente referidos, três (29,49-29,50/cota: -26,70 m; 28,29-28-30/cota: -25,50 m; 24,60-24.61/cota: -21,81 m) revelaram maior diversidade, onde abundam *Ammonia beccarii*, *Asterigerinata mamilla*, *Elphidium excavatum* e *Brizalina britannica* (com presença de espécies exóticas-marinhas). O quimismo destes três níveis não foi alvo de análise, pelo que não é possível confirmar a maior influência marinha durante a sua deposição. No entanto, salienta-se que a ausência de marcadores paleoecológicos nas restantes amostras de ZF2 deve ser encarada com alguma cautela, pois os seis níveis assinalados revelam características subalcalinas-alcálicas, contrastando com o carácter hiperácido a ácido dos restantes níveis. Deste modo, a preservação das carapaças dos foraminíferos pode ter ficado comprometida, pelo que a ausência ou escassez de foraminíferos pode não significar ausência de influência marinha. Note-se que o nível que apresenta concentração mais elevada de Br tem características hiperácidas e apenas se contabilizaram 3 foraminíferos/cm<sup>3</sup> não se tendo observado nenhuma espécie marinha. A ausência detectada de nanoplâncton calcário, encontrando-se associada a níveis que revelam maioritariamente características hiperácidas (das 9 amostras: 5 - hiperácidas; 3 - ácidas, 1 - subácida) compromete do mesmo modo a consequente interpretação paleoambiental, não permitindo avaliar a intensidade e a recorrência da influência marinha durante a deposição da unidade II.

As características registadas nesta unidade II, permitem afirmar que a deposição essencialmente fluvial foi perturbada por “pulsos” de cariz mais marinho, embora a intensidade e o número de eventos desta influência permaneçam interrogados, pois as características hiperácidas da maior parte dos sedimentos podem ter mascarado (“apagado”) alguns indicadores. Deste modo infere-se um ambiente fluvial/estuarino para a deposição desta unidade, que apresenta na sua zona central cerca de 10 600 anos cal BP.

**Unidade III (Profundidade: 23,55 a 16,20 m; Cota: -20,75 a -13,40 m, NMM)**

Ao contrário das unidades anteriores, esta distingue-se por apresentar importante conteúdo em bioclastos carbonatados e elevado teor de matéria orgânica, características mais proeminentes na sub-unidade IIIA. Esta sub-unidade basal distingue-se por iniciar-se com a deposição de materiais cascalhentos enriquecendo progressivamente em componente fina e em matéria orgânica, enquanto na sub-unidade do

topo (IIIB) os materiais são essencialmente arenosos, com menor teor de bioclastos e de matéria orgânica. O quimismo dos sedimentos indica importantes oscilações nos teores dos elementos paleosalinos em IIIA, com incremento notório para o seu topo, diminuindo de importância em IIIB.

Esta unidade corresponde à ZO II coincidindo as sub-ZO IIA e sub-ZO IIB com as sub-unidades IIIA e IIIB, respectivamente. A análise dos foraminíferos definiu uma zona principal (ZF3) coincidente com esta unidade III, mas identificou três sub-zonas ZF3a, ZF3b e ZF3c, correspondendo a primeira e a segunda à sub-unidade IIIA e a última à IIIB, do presente estudo. A totalidade da ZNC B e a base da ZNC C apresentam correspondência com esta unidade III.

A sub-zona ZOIIA contém elevada diversidade e abundância de ostracodos dominando espécies marinhas autóctones (*Urocythereis britannica*, *Pontocythere elongata*, *Loxoconcha rhomboidea*, *Carinocythereis whitei*, *Aurila convexa*, *Xestoleberis* spp., *Semicytherura sella*, *Hiltermannicythere emaciata*) e marinhas transportadas (*Leptocythere muellerfabaeformis*, *Elofsonia pusilla*, *Basslerites* cf. *berchoni*, *Paracytheridea* sp., *Aurila arborescens*), enquanto as espécies de condições salobras (*Loxoconcha elliptica*, *Cytherois fischeri*, *Cyprideis torosa*, *Leptocythere castanea*, *Leptocythere lacertosa* and *Leptocythere porcellanea*) são raras, revelando igualmente evidências de transporte. Nesta sub-zona observou-se a existência de um intervalo com cerca de 30 cm azóico entre as amostras -16,41 m e -16,68 m. Na sub-zona ZO IIB o conteúdo em ostracodos revela baixa diversidade e abundância, encontrando-se apenas algumas valvas e carapaças de *U. britannica*, *P. elongata*, *Callistocythere badia* e *Leptocythere macallana*, correspondendo a organismos de ambientes litorais/marinhos.

O conteúdo em foraminíferos da ZF3a revela elevada abundância e diversidade de espécies, predominando *Ammonia beccarii*, *Brizalina britannica*, *Asterigerinata mamilla* e *Elphidium excavatum* variando as espécies marinhas entre 0 e 60% (mais uma vez se realça a coincidência de um nível sem foraminíferos com um sedimento de natureza hiperácida). As associações aqui encontradas sugerem condições marinhas a salobras. A sub-zona seguinte (ZF3b) representa um intervalo (entre as amostras -16,48 e -16,67 m) sem ou com escassos foraminíferos, coincidindo com o troço sem ostracodos, já mencionado. Refira-se que nas amostras estudadas para paleoecologia não foi efectuada a sua análise elementar (geoquímica) e em apenas uma (19,37-19,38 - cota: -16,58) foi realizado o estudo sedimentológico, revelando o sedimento características hiperácidas (pH=3,81), pelo que a preservação dos indicadores paleoecológicos é aqui novamente questionada, sendo a interpretação ambiental efectuada com cautela. Na ZF3c os valores de abundância (Nº foraminíferos/10cm<sup>3</sup>) são os mais elevados de toda a sondagem e a diversidade específica (Nº de espécies) é ligeiramente inferior à registada na ZF3a, registando-se o domínio de espécies como *A. mamilla*, *B. Britannica* e *E. excavatum*, indiciadoras de maior influência marinha que em ZF3a.

O conteúdo em nanoplâncton é nesta unidade - ZNC B - o mais elevado de toda a sondagem, variando o nº total de exemplares observado entre 0 e 858. Uma vez mais os níveis com ausência deste indicador paleoecológico apresentam características hiperácidas a ácidas, pelo que pode não significar a sua verdadeira ausência (não deposição) mas uma não preservação deste indicador. Embora se registem oscilações no

conteúdo de nanoplâncton calcário, os valores mais elevados (mas <200 exemplares) estão associados à metade superior da ZNC B, registando-se o valor máximo (total = 858 exemplares) no topo da referida unidade, onde a associação presente reflecte características idênticas às da sedimentação no ambiente de plataforma interna e média portuguesas. Nesta zona a comunidade nanoplactónica é dominada por *Emiliana huxleyi*, *Syracosphaera spp.* e *Gephyrocapsa oceanica* (mais abundante que a *Gephyrocapsa muelleriae*), indicando que o ambiente de deposição teria afinidades litorais. No troço coincidente com unidade IIIB da sedimentologia e da geoquímica (base da ZNC C) este indicador está ausente, provavelmente como consequência da passagem para sedimentos texturalmente mais grosseiros que implicam um notório aumento do hidrodinamismo do meio. Nestas condições, a sedimentação de partículas finas como o nanoplâncton fica inibida e este indicador ambiental não fica no registo geológico.

A conjugação de todas as ferramentas multidisciplinares utilizadas para o estudo da unidade III indica que é durante a deposição desta que se faz notar a maior influência marinha. Segundo os resultados geoquímicos e paleoecológicos (ostracodos e nanoplâncton calcário), esta influência aumenta para o topo da sub-unidade IIIA, enquanto a análise dos foraminíferos sugere que a influência máxima é mais tardia e contemporânea da deposição da base da sub-unidade IIIB. Independentemente da identificação do momento exacto da maior influência marinha no sistema, os resultados dos diferentes indicadores utilizados são consentâneos na identificação de um ambiente de deposição estuarino/marinho, onde se identificaram pontualmente inversões das características dominantes (momentos de reduzida biodiversidade e de teores de elementos paleosalinos) que podem ser interpretados como fluxos (“inputs”) terrígenos num ambiente estuarino ou mesmo marinho proximal (de reduzida profundidade). No entanto, face às características hiperácidas desses sedimentos esta interpretação é apresentada com incerteza, podendo antes corresponder a momentos em que num estuário mais confinado a renovação das águas seria mais deficiente, podendo ocorrer condições anóxicas. A prolongarem-se estas condições no tempo, a matéria orgânica acumulada nos sedimentos de fundo anóxicos (estes níveis apresentam teores elevados de matéria orgânica) contribuiria para a acidificação das águas sobrenadantes e do próprio sedimento, até conduzindo ao enriquecimento destes em metais, tal como ocorre e já foi registado no ambiente lagunar actual (ver capítulo da micro-escala). A deposição desta unidade ter-se-á iniciado há cerca de 9000 anos cal BP, sendo o máximo de influência marinha atingido há aproximadamente 7900 anos cal BP.

#### **Unidade IV (Profundidade: 16,20 a 0,00 m; Cota: -13,40 a +2,86 m, NMM)**

Esta espessa unidade superficial, corresponde a cerca de 16 m de materiais essencialmente arenosos, quártzicos, com grande homogeneidade textural e composicional (sem matéria orgânica e com raros bioclastos carbonatados) (sub-unidades IVA e IVC), onde se intercala um depósito de 3,74 m de espessura onde ocorrem alternâncias de materiais arenosos com outros mais vasosos/turfosos, estes últimos mais enriquecidos em matéria orgânica e em bioclastos carbonatados. A análise química elementar revela que os materiais desta



unidade são enriquecidos em Si, onde a presença de elementos paleosalinos é apenas notada na sub-unidade IVB.

Esta unidade corresponde à ZF4, onde se identificaram três sub-zonas (ZF4a, ZF4b e ZF4c, que de modo geral coincidem com as sub-unidades IVA, IVB e IVC, respectivamente), à ZO III e à restante ZNC C, todas caracterizando-se por escassa presença de indicadores paleoecológicos, com uma ligeira excepção para o segmento que coincide, modo geral, com a sub-unidade estratigráfica IVB.

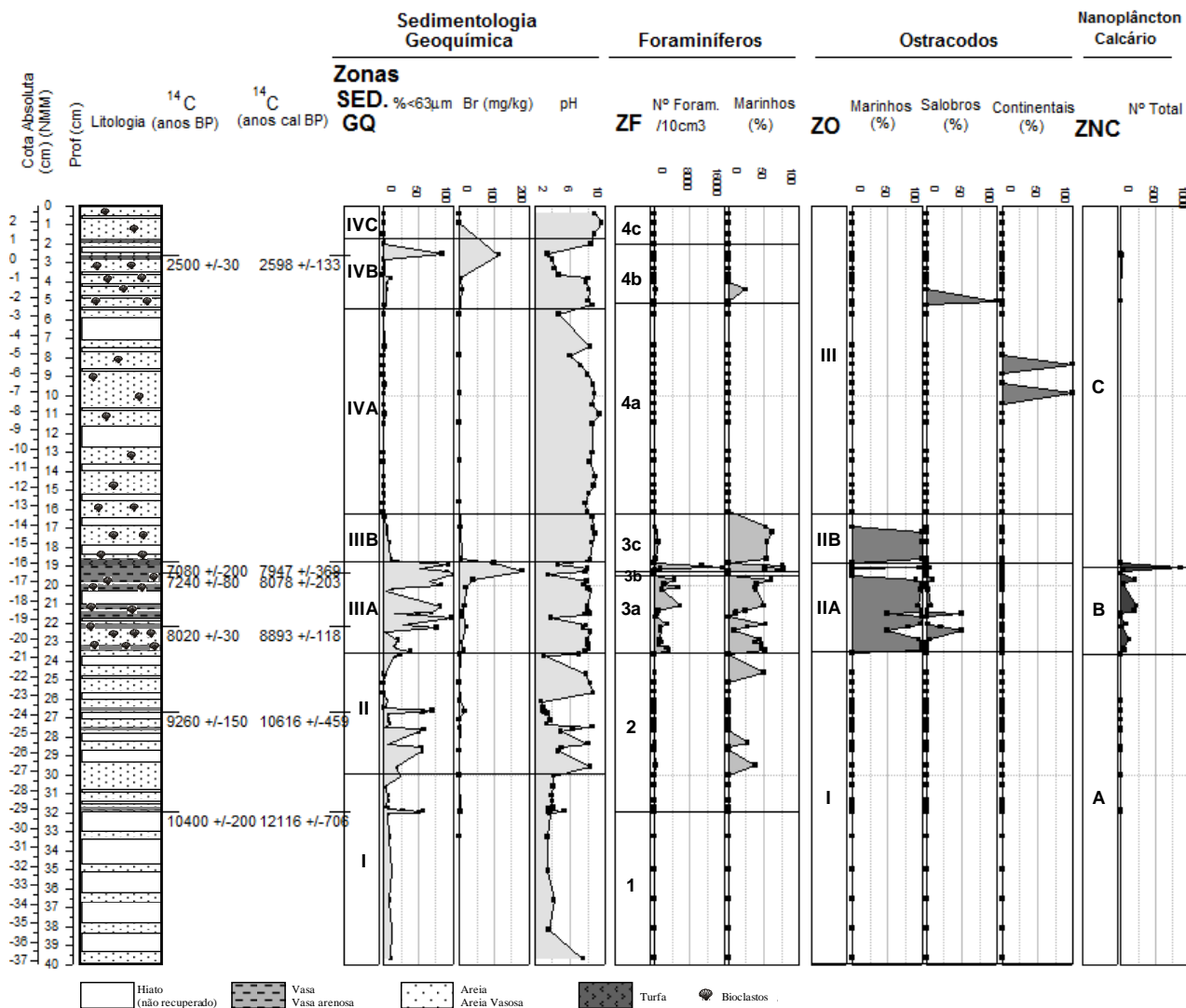
Na maior parte desta unidade (ZF4a e ZF4c) a escassa presença de foraminíferos, baixa abundância e diversidade, está assinalada maioritariamente pela ocorrência das espécies *A. beccarii*, *C. lobatulus* e *E. excavatum*. No entanto, um pequeno intervalo (sub-zona ZF4b) revelou abundância e diversidade moderada, principalmente associadas à base da sub-zona, onde predominam espécies como *H. germanica*, *C. lobatulus*, *A. beccarii* e *E. oceanensis*, indicadoras de uma maior influência marinha no sistema. Note-se que a base da ZF4b onde se detectou a presença de foraminíferos se insere na metade inferior da sub-unidade estratigráfica IVB, onde os sedimentos revelam características subalcalinas, enquanto na metade superior o depósito adquire características maioritariamente hiperácidas e ácidas, pelo que a preservação de alguns indicadores paleoecológicos se apresenta novamente comprometida, e de igual modo, já como anteriormente referido, a interpretação paleoambiental deve ser efectuada tendo esta informação presente.

A ZO III caracteriza-se pela quase ausência de ostracodos, estando apenas presentes, em número reduzido em três amostras, correspondendo a organismos de ambiente salobro (*Heterocypris* sp., *C. torosa*).

Relativamente ao registo do nanoplâncton calcário, apenas dois níveis (2,58-2,585 m; 5,00-5,01 m de profundidade) revelaram a sua presença, embora em número muito reduzido (17 e 1 exemplares, respectivamente). Pelo facto de este indicador aparecer em níveis onde estão ausentes foraminíferos, pode significar que foram introduzidos por galgamento oceânico. Aliás, as características sedimentológicas dos materiais apontam para períodos de barra fechada com planos de água mais elevados que conduziram à inundação do raso de barreira interno, como ainda se assiste nos nossos dias (**Figura VI.1-35B**).

Os resultados obtidos na unidade IV, indicam que este depósito corresponde à instalação da barreira arenosa que bloqueou o antigo ambiente estuarino, formando-se a Lagoa de Melides. A acreção deste depósito, que se caracteriza por grande homogeneidade textural e composicional, ter-se-á efectuado a ritmo diferenciado, em regime intertidal a supratidal, onde a contribuição continental e biogénica carbonatada marinha foi diminuta. Por outro lado, salienta-se o episódio intercalado de características mais vasosas/turfosas (sub-unidade IVB), onde se regista um incremento conjunto dos indicadores paleoecológicos de afinidade salobra, bem como dos elementos geoquímicos de afinidade marinha. Este episódio é interpretado como um depósito lagunar sobreposto ao raso de barreira interno durante a acreção da barreira arenosa, por exemplo durante um período de barra de maré inactiva, onde se tenha registado um importante aumento da cota do plano de água lagunar, promovendo a submersão das margens lagunares como consequência do aumento do perímetro da zona inundada, que terá permitido a acumulação de materiais texturalmente mais finos enriquecidos em matéria orgânica. No entanto, esta inundação não terá sido muito

persistente no tempo, uma vez que esta sedimentação alterna com outra de carácter mais arenoso típica da barreira arenosa, embora possa representar um período, aproximadamente há cerca de 2600 anos cal BP, ao longo do qual a ausência da barra de maré seria uma situação mais comum.



**Figura VI.1-45** - Principais unidades/sub-unidades definidas no estudo sedimentológico e geoquímico da sondagem MB e comparação com as Zonas/Sub-zonas definidas nos diferentes estudos paleoecológicos (ZF - Zona de Foraminíferos; ZO - Zona de Ostracodos; ZNC - Zona de Nanoplâncton Calcário).

### VI.1.1.3.2 Sondagem - MIGM

A sondagem MIGM, realizada mais a montante no sistema lagunar de Melides (**Figura VI.1-35**), inicia-se a +3,39 m (NMM) e atravessa 33,72 m de sedimentos (cerca de 20 m e 14 m de sedimentos holocénicos e miocénicos, respectivamente) atingindo o substrato miocénico a -15,96 m (NMM). Trabalhos de topografia na várzea, actualmente aproveitada para actividade agrícola de orizicultura, permitiram estabelecer que os primeiros 0,80 m desta sondagem correspondem à construção, por aterro, de um dique marginal do terreno lateral à vala de drenagem do mesmo, não devendo, por isso, ser considerados na sequência “natural” holocénica.

O LOG simplificado e o LOG com descrição macroscópica podem ser observados no **Anexo IV**, nos pontos **A.IV.1.2.1** e **A.IV.1.2.2**, respectivamente. As fotografias dos vários segmentos da sondagem com os sedimentos podem ser visualizadas no **Anexo V - Fotos A.V.2-24 a A.V.2-47**.

Os resultados analíticos encontram-se expostos no **Anexo II - Tabela A.II.2-7 (sedimentologia)** e no **Anexo III - Tabela A.III.2-4 (geoquímica)**.

Os resultados sedimentológicos, mineralógicos, geoquímicos e paleoecológicos permitiram a definição de três unidades que assentam sobre o substrato regional miocénico.

#### A) Sedimentologia

##### **Substrato miocénico (Profundidade: 33,72 a 19,35 m; Cota: -30,33 a -15,96 m, NMM)**

Os materiais que constituem o substrato miocénico apresentam coloração amarela alaranjada, são isentos de matéria orgânica e caracterizam-se por apresentar um certo grau de cimentação, conferido por um cimento carbonatado, o que origina percentagens elevadas de carbonato de cálcio (4-18% - **Figura VI.1-47**). Os sedimentos são alcalinos (pH = 8,60-9,15) e essencialmente constituídos por areias (**Figura VI.1-46**) finas a muito finas ( $M_z = 2,67-3,06 \phi$ , **Figura VI.1-48**) pouco vasosas (%  $>63 \mu m = 75-89 \%$ ), enriquecendo em componente grosseira e diminuindo a calibragem próximo do contacto com a unidade sobrejacente (IA), passando de bem a moderadamente calibradas (**Figura VI.1-47 e VI.1-48**).

A fracção  $>63 \mu m$  do sedimento é constituída maioritariamente por fragmentos bioclásticos de reduzidas dimensões e partículas carbonatadas de natureza indeterminada, às quais se adicionam partículas siliciclásticas (quartzo) e micáceas (moscovites e biotites). Para o topo (amostras 19,50-19,51 m e 20,24-20,25 m) observa-se a presença de importantes agregados carbonatados, adquirindo aspecto nódular, o que incrementa a presença de partículas muito grosseiras no sedimento, conferindo-lhe uma natureza mais cascalhenta.

A relativa homogeneidade deste depósito é perturbada abruptamente no limite superior em contacto com os sedimentos correspondentes à base do enchimento quaternário da várzea da laguna de Melides.

**Unidade I (Profundidade: 19,35 a 14,48 m; Cota: -15,96 a -11,09 m, NMM)**

Esta unidade, com 4,87 m de espessura, contrasta com as unidades enquadrantes pela ausência de carbonato de Ca e com a superior pelo escasso teor em matéria orgânica. Os cerca de 2 m da base destacam-se pela presença importante de calhaus finos a grosseiros, o que lhe confere uma textura cascalhenta; esta variação justifica a subdivisão desta unidade em duas:

**Sub-unidade IA (Profundidade: 19,35 a 17,08 m; Cota: -15,96 a -13,69 m, NMM)**

Este depósito é constituído por sedimentos muito grosseiros, principalmente cascalheiras com matrizes arenosas ( $M_z = -4,24$  a  $-0,11 \phi$ ), mal a muito mal calibradas ( $\sigma_1 = 0,60$  a  $2,62 \phi$ ) (*Figura VI.1-44, VI.1-48*). É nesta unidade que se encontram os materiais mais grosseiros de toda a sondagem. Toda a sequência não tem matéria orgânica, à excepção do nível 19,21-19,35 m que na matriz apresenta pequenos nódulos milimétricos de material orgânico fino, reflectindo-se na amostra total como 1,2 % de MO. Comparativamente à unidade subjacente, regista-se um decréscimo do pH variando entre 3,5 a 6,3 (hiperácido a subácido), correspondendo o valor mais baixo à cascalheira anteriormente mencionada, que materializa a cascalheira de base no limite com o substrato miocénico.

Nas amostras 18,11-18,38 m, 19,10-19,22 m e 19,21-19,35 m, foi efectuado o estudo morfométrico, tendo-se decidido utilizar os balastros dos crivos -3  $\phi$ , -3,5  $\phi$ , -4  $\phi$  (ver Capítulo V - Métodos), que correspondiam a cerca de 18,7 % (177 balastros), 9,04 % (67 balastros) e 35,2 % (71 balastros), respectivamente da amostra total de cada nível (*Figura VI.1-49*). Aplicar esta metodologia para a totalidade dos balastros das três amostras era um trabalho extremamente moroso, pelo que se optou por escolher as fracções -3  $\phi$ , -3,5  $\phi$ , -4  $\phi$  por serem as que tinham mais balastros nas três amostras, tendo-se identificado a litologia, medido os eixos maiores, intermédios, menores e o raio de curvatura da aresta mais aguda em 315 balastros.

A análise revela uma variedade de litologias que parecem ser provenientes, na sua maioria, do substrato paleozóico da bacia hidrográfica, que compreende cerca de 27 % da área aflorante. As variedades litológicas consistem em quartzo, quartzito, grauvaque, xistos (siliciosos, pelíticos, borra de vinho), “tufitos” (vulcânicas máficas e félsicas) e jaspes, sendo as três primeiras e principalmente o grauvaque, as litologias predominantes, quer considerando a análise em cada crivo, quer na amostra total (*Figura VI.1-50*).

Os valores do Índice de Rolamento de CAILLEUX (1947) e de KUENEN (1956) (*Figura VI.1-51*) variam entre 0,11 e 1,4, com muitos balastros a revelarem índices acima de 0,40, valor médio de rolamento apontado como típico por DOBKINS & FOLK (1970) para balastros fluviais, contrastando com os valores médios mais elevados (0,50-0,60) que estes autores encontraram em balastros de praias. No entanto, é importante referir que o estudo destes autores apenas tem em conta balastros com a mesma litologia (basaltos) e aqui, como já referido, temos litologias variadas, desde quartzo/quartzito/grauvaque/jaspe que são rochas com baixa fissilidade, a xistos que apresentam elevada fissilidade.

No que diz respeito ao Índice de Achatamento de Cailleux (1947), verifica-se a existência de algum controlo litológico neste parâmetro. Efectivamente, os balastros de xisto (com excepção dos “Borra de

Vinho”) são os que revelam o maior achatamento (**Figura VI.1-51**), com valores a excederem os indicados por GALOPIIM DE CARVALHO (2005) para esta litologia (= 3-4), indiciando o forte achatamento destes balastros. Os balastros de quartzo, quartzito e grauvaque revelam índices de achatamento mais baixos que os xistos mas também excedem os valores apresentados como típicos para estas litologias por GALOPIIM DE CARVALHO (2005) (1,5 a 2 - quartzo e quartzito; 3 - grauvaque) (**Figura VI.1-51**).

A projecção no diagrama de ZINGG (1935, *in* SUGUIO, 1982), demonstra que os balastros têm formas diversificadas (**Figura VI.1-52**), imagens à esquerda), embora quando projectada a média dos quartzos+quartzitos e a média dos grauvaques, estas indicam o predomínio das formas discoidais-tabulares (**Figura VI.1-52**, imagens à direita). Outra característica que importa salientar, é o facto de os xistos (siliciosos e pelíticos) se inserirem, preferencialmente, no lado esquerdo do referido diagrama, correspondendo às formas discoidais-tabulares e laminares. A projecção no diagrama de Forma-Esfericidade de DOBKINS e FOLK (1970) reforça a informação anteriormente obtida em relação aos balastros de quartzo, quartzito, grauvaque e xistos (pelíticos e siliciosos). No entanto, na generalidade, concentra as três primeiras litologias acima do limite S/L igual a 0,3, enquanto as últimas se concentram nos quatro campos inferiores esquerdos do diagrama (mA, mL, A e L) (**Figura VI.1-53**).

Neste estudo morfométrico, com o objectivo de tentar estabelecer o ambiente de deposição destas cascalheiras, utilizaram-se os índices de Esfericidade Efectiva ( $\Psi_p$  de SNEED & FOLK, 1958 *in* DOBKINS e FOLK (1970) (**Figuras VI.1.54**), e o Índice OBLATO - PROLATO (índice OP - DOBKINGS-FOLK, 1970) (**Figuras VI.1.55**), bem como alguns gráficos de correlação de índices morfométricos ( $\Psi_p$  versus OP - **Figura VI.1-56**, **VI.1-57**; Achatamento versus Desgaste de Cailleux - **Figura VI.1-58 e VI.1-59**).

No estudo de DOBKINS e FOLK (1970) são calculados valores médios de  $\Psi_p$  para depósitos de balastros de basalto em ambientes fluviais (= 0,684), de praia de baixa energia (= 0,64) e de alta energia (= 1,584), frisando os autores que estes valores podem oscilar dependendo da classe dimensional dos balastros. No entanto, acabam por concluir, quando comparam os seus resultados com outros depósitos com balastros de quartzo, que o limite de 0,66 da  $\Psi_p$  separa na perfeição o domínio fluvial ( $\Psi_p > 0,66$ ) do marinho ( $\Psi_p < 0,66$ ). Os resultados obtidos no presente estudo (**Figura VI.1.54**), apresentam uma grande amplitude de valores, consequência provável da variedade litológica presente mas note-se que se considerarmos os resultados dos balastros de quartzo (uma das litologia estudadas pelos autores previamente citados), efectivamente a média deste parâmetro aponta uma origem fluvial para o depósito.

Quanto ao Índice OP, o mesmo estudo indica valores médios para depósitos de balastros de basalto em ambientes fluviais (= 0,18), de praia de baixa energia (= -0,81) e de alta energia (= -2,13), frisando que também estes valores podem oscilar dependendo da classe dimensional dos balastros. No presente estudo, são os balastros de quartzo e de grauvaque que, de uma forma geral, revelam média mais próxima do ambiente fluvial (**Figura VI.1.55**), embora muito próximo do limite entre ambientes.

A projecção dos índices  $\Psi_p$  e OP num gráfico de correlação interparâmetros mostra, mais uma vez, a grande dispersão de resultados (**Figura VI.1.56**) mas os valores médios do quartzo apontam novamente uma

origem fluvial para o depósito (**Figura VI.1.57**). A projecção num gráfico de correlação entre os parâmetros de Cailleux (achatamento *versus* desgaste) revela enorme dispersão (**Figura VI.1.58**) e mesmo utilizando apenas os dados dos balastros de quartzo e quartzito (**Figura VI.1.59**), os resultados não são conclusivos, pois afastam-se dos campos propostos por outros autores.

Pelo exposto se conclui que a litologia dos balastros é um factor a ter em conta quando se pretende fazer um estudo morfométrico de determinado depósito sedimentar, ainda mais quando não se dispõem de resultados de depósitos fluviais da região. A variedade litológica presente nos níveis estudados da sondagem MIGM, compreendendo balastros de rochas com baixa fissilidade e elevada resistência à erosão (quartzo, quartzito, grauvaque e jaspe) que contrastam com outros de elevada fissilidade e baixa resistência à erosão (xistos), vem dificultar a obtenção de valores típicos dos vários parâmetros morfométricos para o depósito, pelo que será provavelmente mais vantajoso no futuro proceder a um estudo complementar com depósitos de cascalheira no actual percurso da ribeira de Melides.

**Sub-unidade IB (Profundidade: 17,08 a 14,48m; Cota: -13,69 a -11,09m, NMM)**

Esta sequência de 2,60 m de espessura é essencialmente arenosa e tem coloração variável entre tons acastanhados, amarelados e acinzentados. Texturalmente é composta por areias e areias pouco vasosas (% > 63  $\mu$ m entre 80-97 %), médias a grosseiras (Mz = 0,91 a 1,63  $\phi$ ), moderadamente a moderadamente bem calibradas (s<sub>1</sub> = 0,69 a 0,94  $\phi$  - **Figura VI.1-46 e VI.1-48**). Na fracção < 63  $\mu$ m a percentagem de siltes e de argilas varia entre 3-17 % e 0,3 -3 %, respectivamente. Tal como na Unidade IA verifica-se que os teores em matéria orgânica e em carbonato de Ca são aproximadamente nulos (**Figura VI.1-47**), resultando o último da presença vestigial de fragmentos de bivalves em alguns níveis. Os sedimentos revelam características hiperácidas a subalcalinas (pH = 3,12 a 8,01).

O depósito é essencialmente constituído por partículas quártzicas, identificando-se litoclastos de xisto e grauvaque nas fracções mais grosseiras, a que se adicionam em alguns níveis pequenos fragmentos bioclásticos, enquanto nas fracções mais finas se nota a presença, embora escassa, de minerais micáceos.

**Unidade II (Profundidade: 14,48 a 4,91 m; Cota: -11,09 a -1,52 m, NMM)**

Esta segunda unidade tem 9,57 m de espessura, sendo constituída por uma alternância litológica bem marcada entre sedimentos essencialmente arenosos e vasosos, variando a coloração destes entre amarelado e acinzentado. Texturalmente, estes sedimentos representam uma alternância entre níveis de areias vasosas pouco cascalhentas e areias, e níveis de areias vasosas e vasas arenosas e pouco arenosas, pelo que é grande a amplitude da percentagem da fracção > 63  $\mu$ m (16 a 98 %). Os níveis mais arenosos revelam diâmetros médios a muito grosseiros, muito mal a moderadamente calibrados, enquanto a componente arenosa das vasas é média a grosseira, moderadamente a moderadamente bem calibrada (**Figura VI.1-46, VI.1-48**). Nos primeiros, as classes dimensionais mais grosseiras são constituídas quase exclusivamente por fragmentos de moluscos e alguns litoclastos de xisto e grauvaque, contendo escasso ou nenhum material orgânico, enquanto os segundos são mais enriquecidos em material orgânico, podendo atingir 21 %. O teor de carbonato de Ca

varia entre 0 e 20 %, estando os teores mais elevados (> 5 %) associados aos 2 m do topo desta sequência. De forma geral, os níveis mais grosseiros revelam características subalcalinas a alcalinas, enquanto os mais vasosos, apresentam pH mais baixo, sendo sedimentos neutros a subácidos.

Mineralogicamente, nesta unidade abundam as partículas quártzicas e os fragmentos de conchas de moluscos, que por vezes são os constituintes exclusivos das fracções mais grosseiras (sendo notório o aumento desta componente para o topo da sequência). Nestas adicionam-se, por vezes, balastros litoclásticos centrimétricos de xisto, grauvaque e quartzo). Nos níveis mais orgânicos são visíveis pequenas fibras e aglomerados de resíduos orgânicos de coloração escura. A presença de minerais micáceos não é constante e quando surge é escassa, concentrando-se nas fracções de menores dimensões.

### **Unidade III (Profundidade: 5,03 a 0,80 m; Cota: -1,52 a +2,59 m NMM)**

A unidade III corresponde a uma sequência de 4,11 m de sedimentos desprovidos de carbonatos, cuja variação litológica confere aos sedimentos colorações que variam entre os cinzentos esverdeados e os castanhos avermelhados. No entanto, as variações texturais e do teor de matéria orgânica, sugerem a alternância de eventos de maior e menor hidrodinamismo, pelo que justifica a subdivisão desta unidade em quatro eventos:

#### **Sub-unidade IIIA (Profundidade: 5,03 a 4,19 m; Cota: -1,64 a -0,80 m, NMM)**

Esta sub-unidade apresenta 0,84 m de espessura, revelando os sedimentos coloração cinzenta esverdeada a castanho avermelhado. Embora represente uma sedimentação essencialmente vasosa, desde vasas pouco arenosas a areias cascalhentas (*Figura VI.1-46, VI.1-47*), onde o diâmetro médio e a calibragem da fracção > 63 µm é médio a muito grosseiro e mal a muito mal calibrado, respectivamente (*Figura VI.1-48*). O teor de matéria orgânica diminui para o topo, de 12 para 3 % e os valores de pH, que caracterizam os sedimentos de hiperácidos a subalcalinos (pH entre 4,07 e 7,60), não revelam relação com a textura ou o teor de MO (*Figura VI.1-47*).

Na componente grosseira observa-se uma drástica diminuição da abundância do quartzo, em detrimento da forte presença de litoclastos angulosos de natureza variada (xistos, grauvaques, quartzitos, jaspes). Nos níveis mais orgânicos são visíveis resíduos grosseiros de caules, folhas, sementes e outras fibras em maior estado de decomposição.

O teor de carbonato de Ca é nulo ou muito baixo, não excedendo 1,8 %. O teor em matéria orgânica é maioritariamente moderado, diminuindo da base para o topo (11, 5 % para 3,4 %).

#### **Sub-unidade IIIB (Profundidade: 4,19 a 2,06 m; Cota: -0,80 a +1,33 m, NMM)**

Trata-se de uma sequência de 2,13 m de materiais essencialmente arenosos de cor castanha-avermelhada, com importante componente de balastros, variando os materiais entre areias vasosas pouco cascalhentas e cascalheiras arenosas (*Figuras VI.1-46, VI.1-47*). O diâmetro médio e a calibragem da componente grosseira indicam que estes materiais são constituídos por areias médias a muito grosseiras, mal a muito mal calibradas (*Figura VI.1-48*). Na fracção fina os siltes predominam (entre 7 e 18 %) relativamente



às argilas que não representam mais do que 2,5 % das partículas. Este depósito, sem carbonato de Ca e praticamente desprovido de matéria orgânica (% máxima de 1,3 %), revela características maioritariamente ácidas.

A análise macroscópica revela a presença de abundante componente litoclástica (natureza idêntica à descrita na sub-unidade IIIA), que se reforça mesmo nas classes dimensionais mais finas, conferindo aos sedimentos forte coloração acastanhada. A angulosidade dos grãos é acentuada, típica de materiais fluviais.

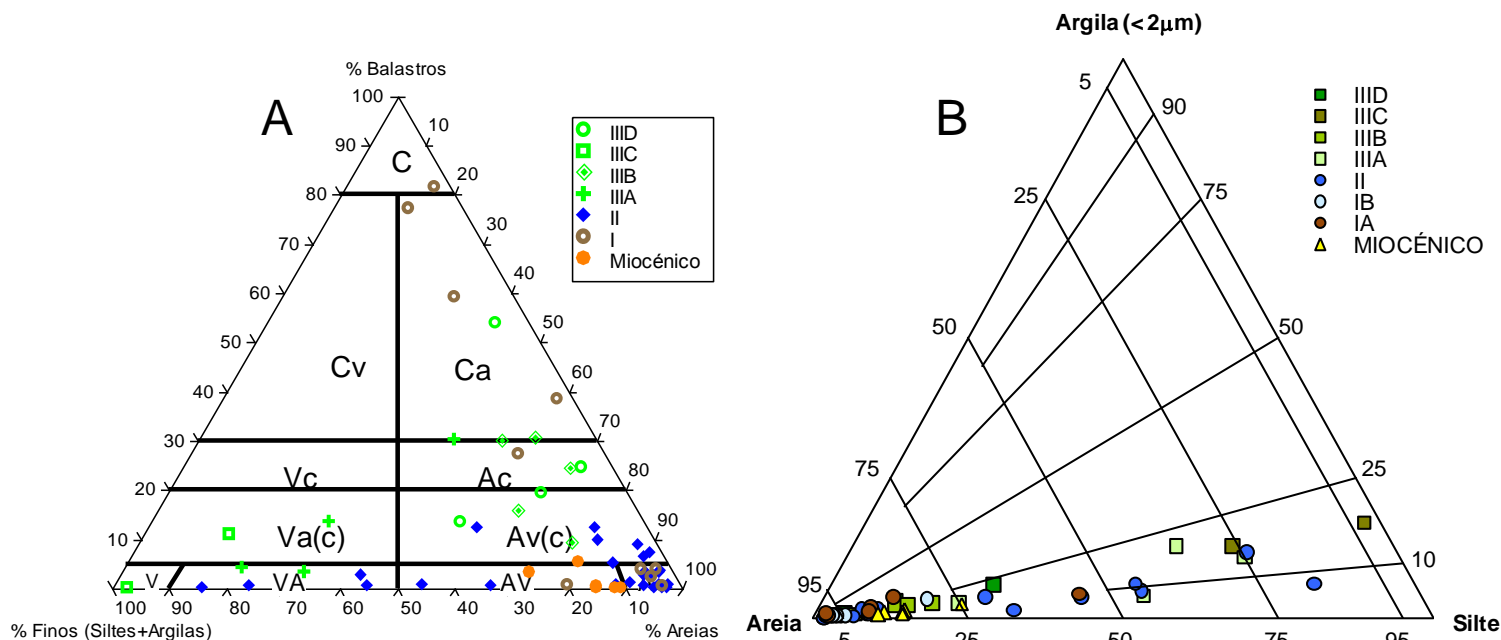
**Sub-unidade IIIC (Profundidade: 2,06 a 1,69 m; Cota: +1,33 a +1,70 m, NMM)**

Esta sub-unidade é constituída por 0,37 m de materiais acinzentados essencialmente vasosos (% < 63 µm entre 74 e 97 %), que por vezes contém importante componente de balastros (11 %), o que lhe determina em alguns níveis um carácter de vasa arenosa pouco cascalhenta (**Figura VI.1-46A**). A componente grosseira do sedimento apresenta diâmetros médios e calibragens que a classificam como areias finas a grosseiras, mal a muito mal calibradas, respectivamente (**Figura VI.1-48**). A fracção siltosa é aqui a mais importante classe dimensional, com percentagens entre 61-80 %. Comparativamente com a sub-unidade anterior, estes materiais permanecem sem carbonato de Ca mas regista-se um ligeiro incremento da matéria orgânica e dos valores de pH, para valores próximos de 3 % e para características subácidas, respectivamente (**Figura VI.1-47**).

A composição mineralógica desta sub-unidade é idêntica à descrita na sub-unidade IIID.

**Sub-unidade IIID (Profundidade: 1,69 a 0,80m; Cota: +1,70 a +2,59m, NMM)**

Esta sub-unidade compreende 0,89 m de sedimentos grosseiros de coloração castanha avermelhada, compostos por areias vasosas pouco cascalhentas, areias cascalhentas e cascalheiras arenosas (**Figura VI.1-46**), cujo diâmetro médio ( $Mz = 0,17$  a  $-1,42 \phi$ ) e calibragem ( $\sigma_1 = 1,97$  a  $2,28 \phi$ ) da fracção > 63 µm indicam a presença de areia grosseira a calhaus muito finos, mal a muito mal calibrados (**Figura VI.1-48**). A ausência de carbonato de Ca mantém-se e assiste-se à diminuição do teor de matéria orgânica (% MO entre 0 e 1,8 %), apresentando uma grande amplitude de valores de pH que classifica os sedimentos de hiperácidos a subalcalinos (pH = 4,01 a 8,09), estando o valor mais baixo associado ao maior teor de matéria orgânica. A fracção siltosa continua a ser a mais importante da fracção < 63 µm, chegando a atingir 27 % da amostra total.



**Figura VI.1-46** - Projecção dos sedimentos do substrato e das diferentes unidades/subunidades consideradas na sondagem MIGM (I, II e III) da Lagoa de Melides em diagramas de Classificação Textural:

A - de FOLK (1974, para sedimentos com mais de 5% de componente casalhenta). Legenda: C - Casalheira, Cv - Casalheira vasosa, Ca - Casalheira arenosa, Vc - Vasa casalhenta, Ac - Areia casalhenta, Va(c) - Vasa arenosa pouco casalhenta, Av(c) - Areia vasosa pouco casalhenta, V - Vasa, VA - Vasa arenosa, AV - Areia vasosa, A - Areia;

B - de FLEMMING (2000, para sedimentos com menos de 5% de componente casalhenta)

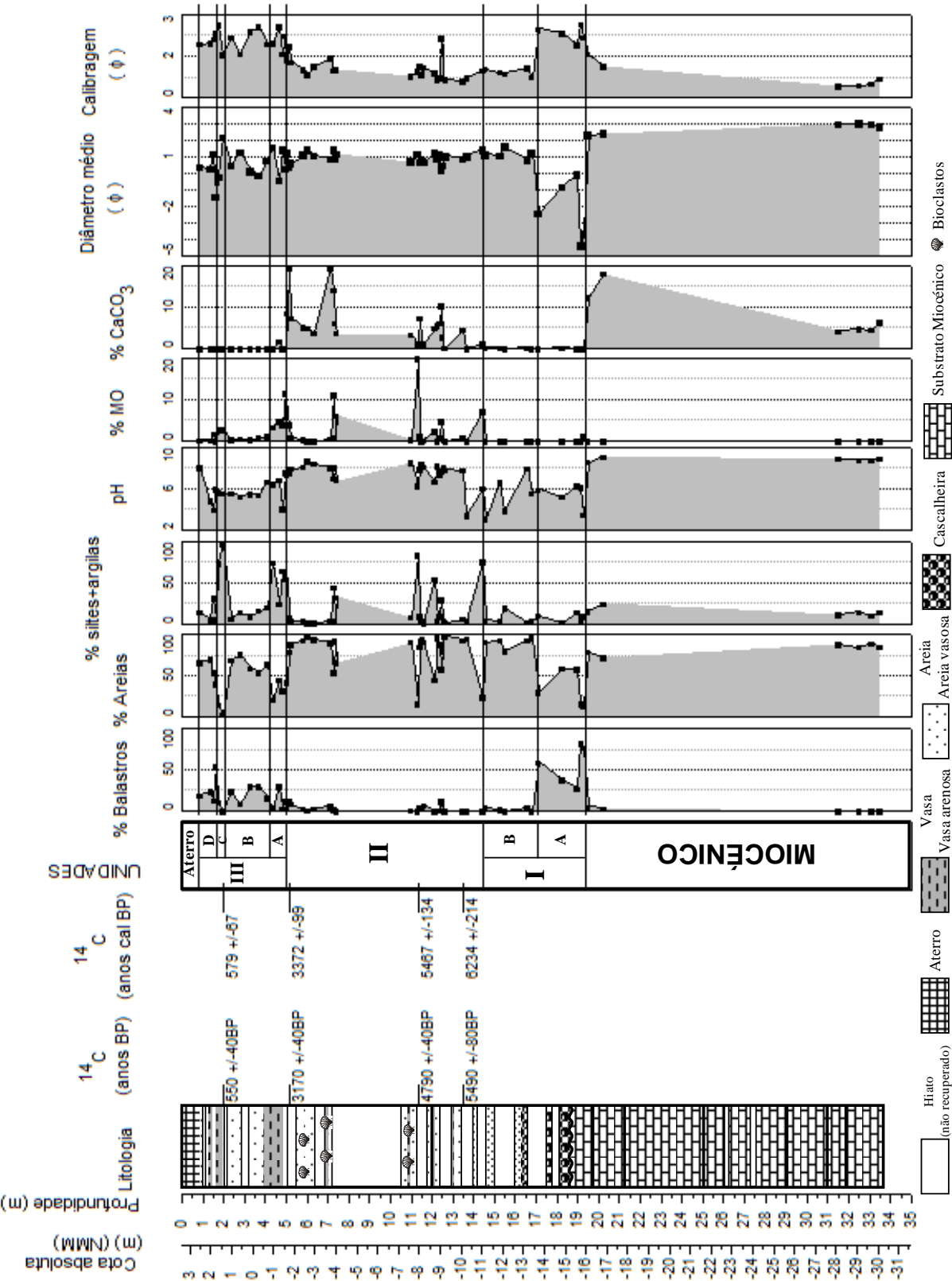


Figura VI.1-47 - Log, datações  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais dos parâmetros texturais e composicionais da sondagem MIGM da Lagoa de Melides.

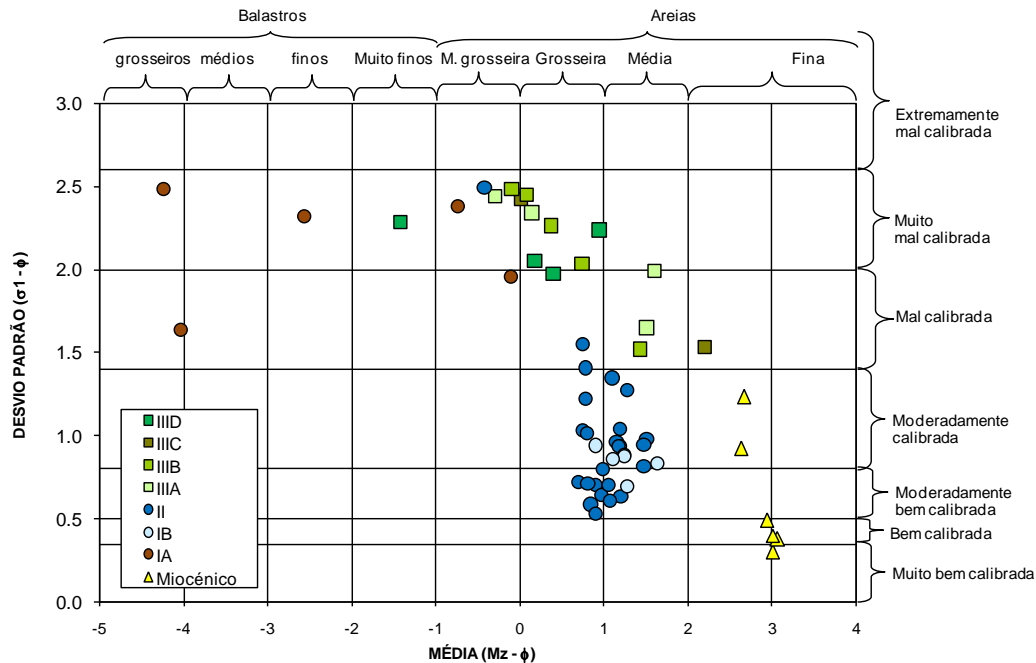


Figura VI.1-48 - Projeção da média versus desvio padrão (método gráfico) dos sedimentos do substrato miocénico e das diferentes unidades/sub-unidades consideradas na sondagem MIGM (I, II, III) da Lagoa de Melides.

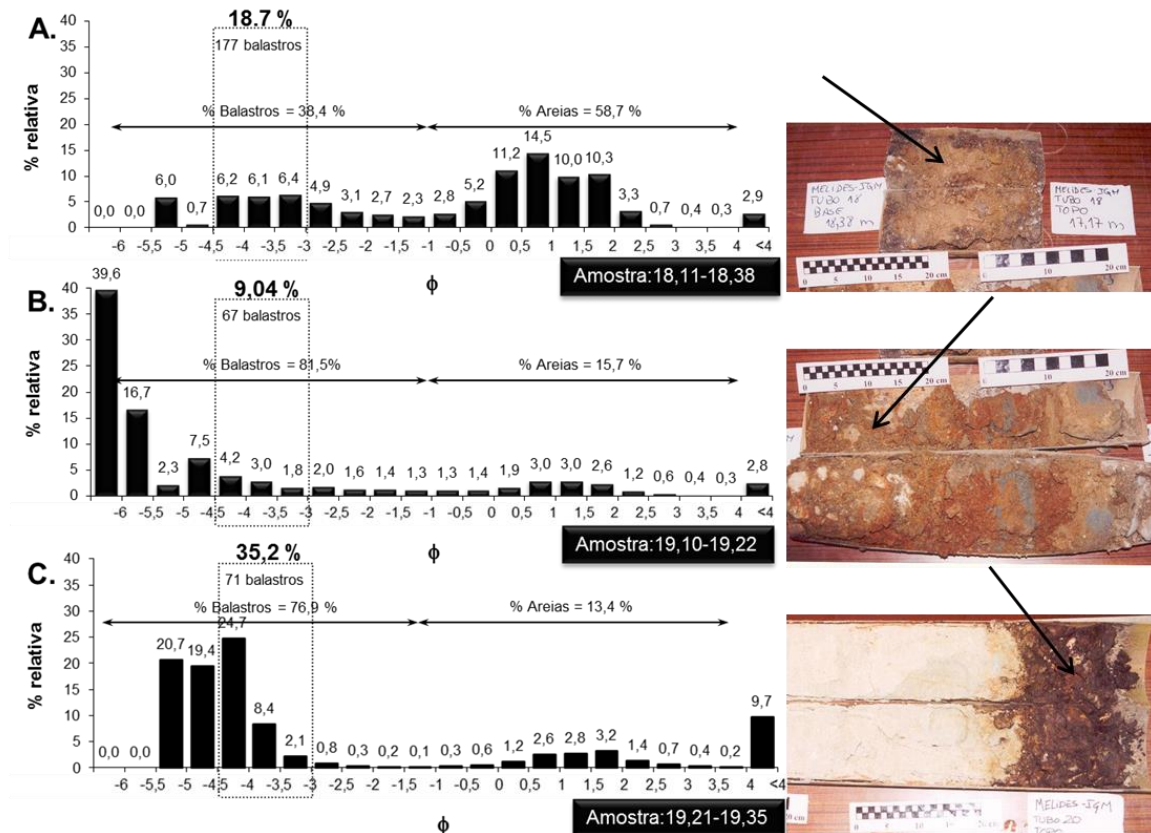
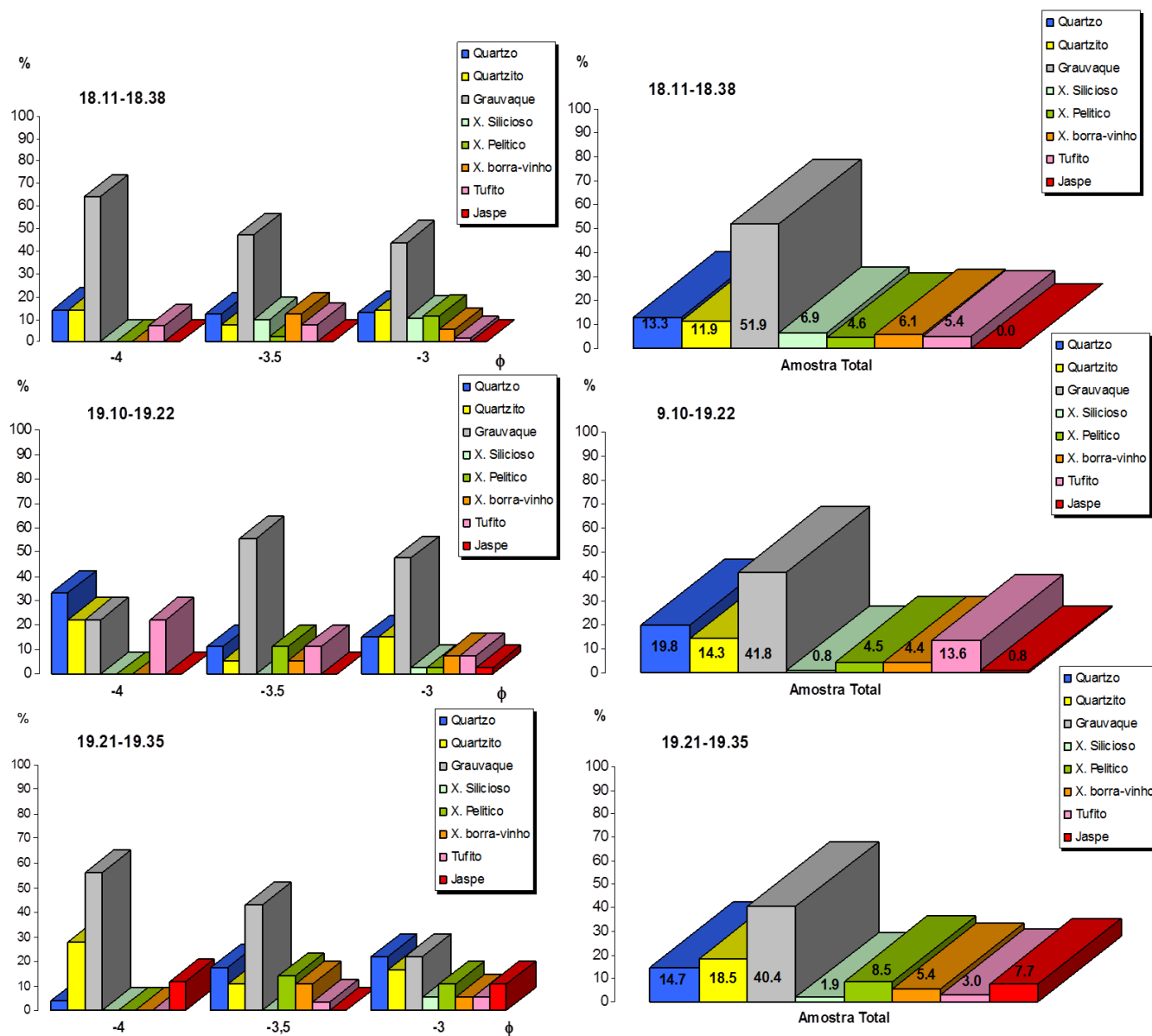
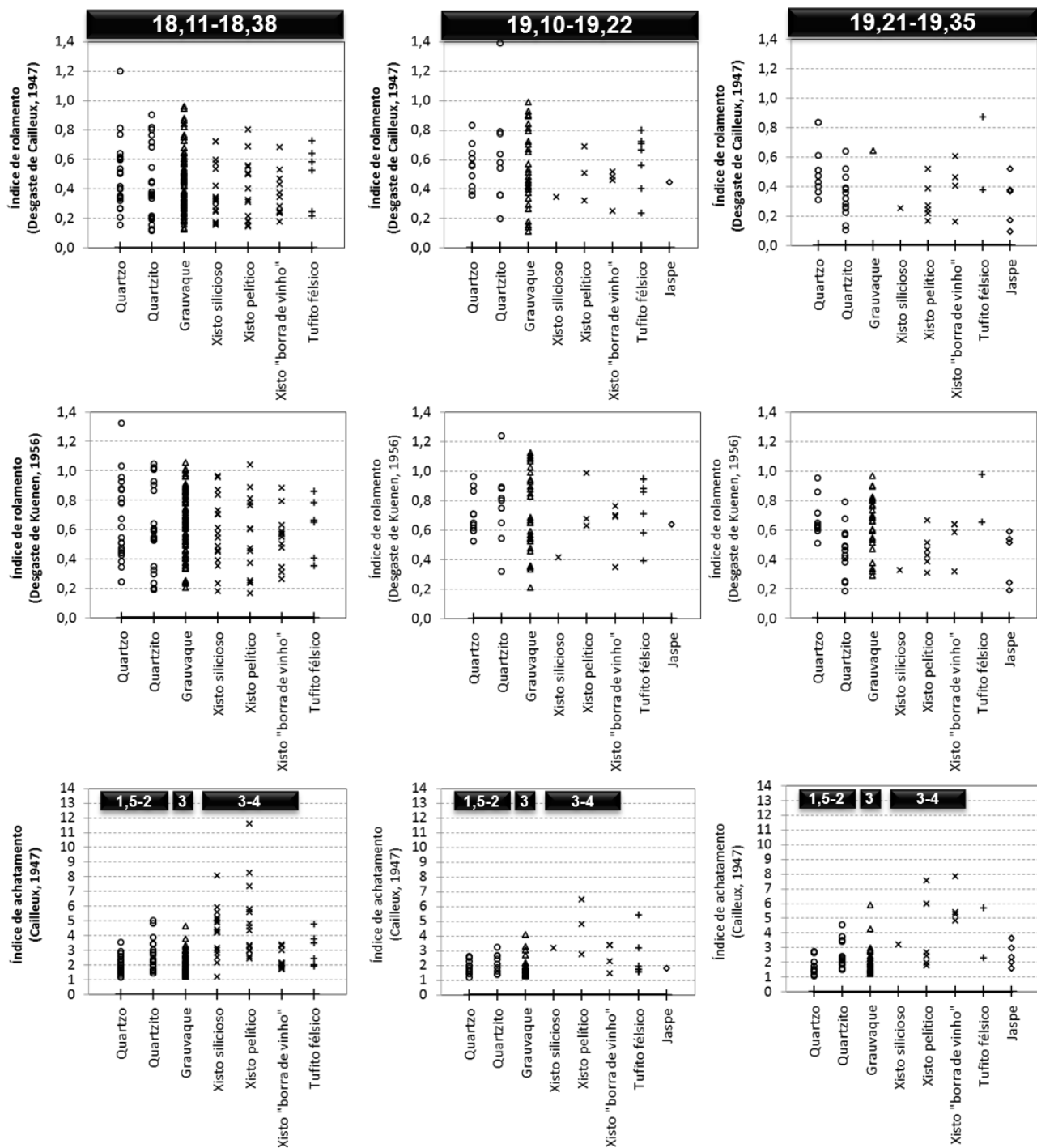


Figura VI.1-49 - Percentagens relativas nas diferentes classes de balastros e de areias na amostra total e respectivo somatório das três classes consideradas na morfometria. À direita as fotografias dos níveis -cascalhentos estudados, na sondagem MIGM da Lagoa de Melides. A - amostra 18,11-18,38 m; B - amostra 19,10-19,22 m; C - amostra 19,21-19,35 m.



**Figura VI.1-50** - Constituição litológica das amostras 18,11-18,38 m, 19,10-19,22 m e 19,21-19,35 m. Gráficos à esquerda - percentagem de cada litologia em cada crivo considerado. Gráficos à direita - percentagem de cada litologia na amostra total.



**Figura VI.1-51** - Projecção dos Índices de rolamento (desgaste de Cailleux, 1947 e rolamento de Kuenen, 1956) e de achatamento (Cailleux, 1947) de todos os balastros das diferentes litologias presentes nas três amostras. Resultados de cada amostra na vertical: gráficos à esquerda - amostra 18,11-18,38 m; gráficos intermédios - amostra 19,10-19,22 m; gráficos à direita - amostra 19,21-19,35 m. Nos gráficos do índice de achatamento os valores nas caixas pretas são os indicados como típicos para as litologias em causa por GALOPIM DE CARVALHO (2005).

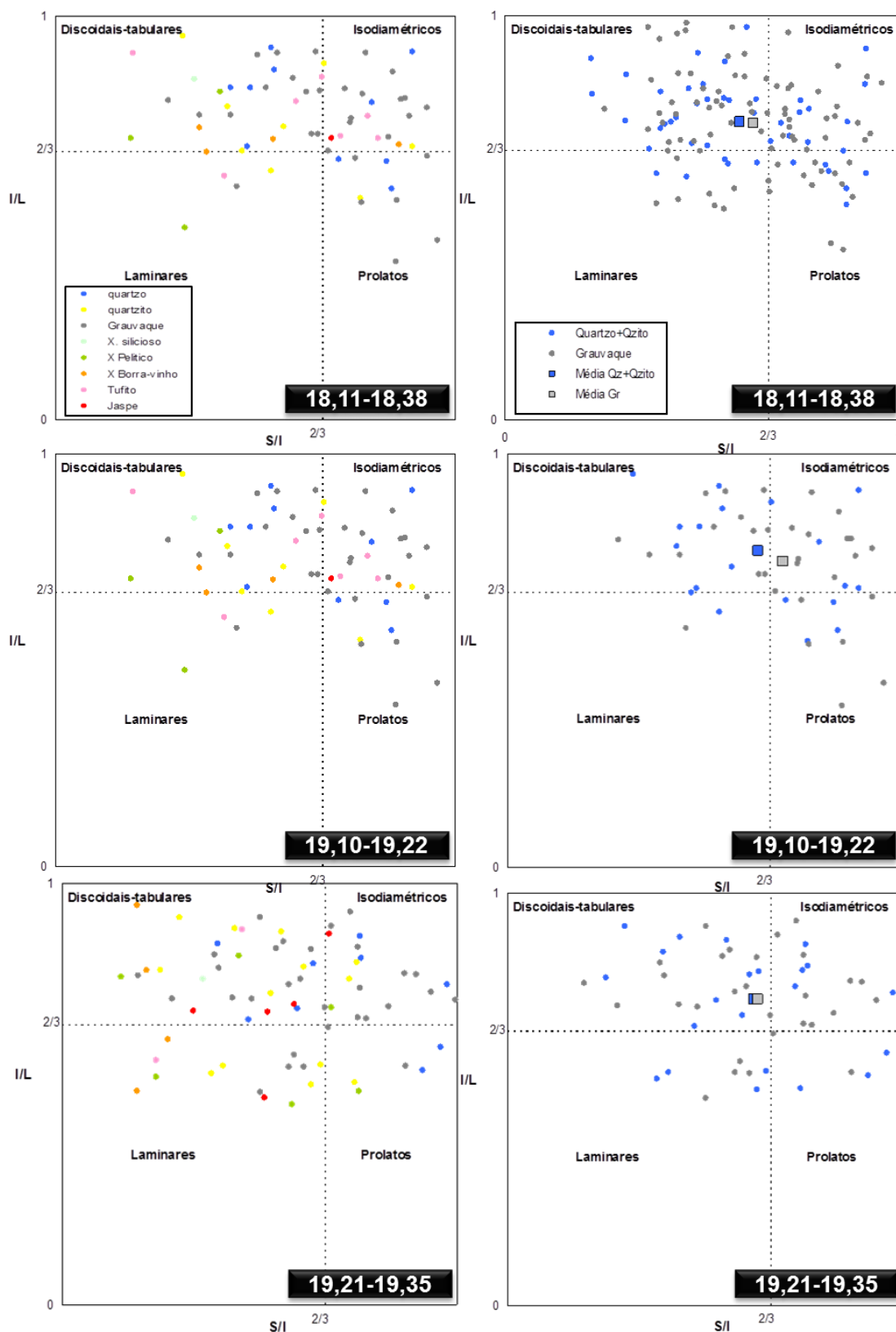
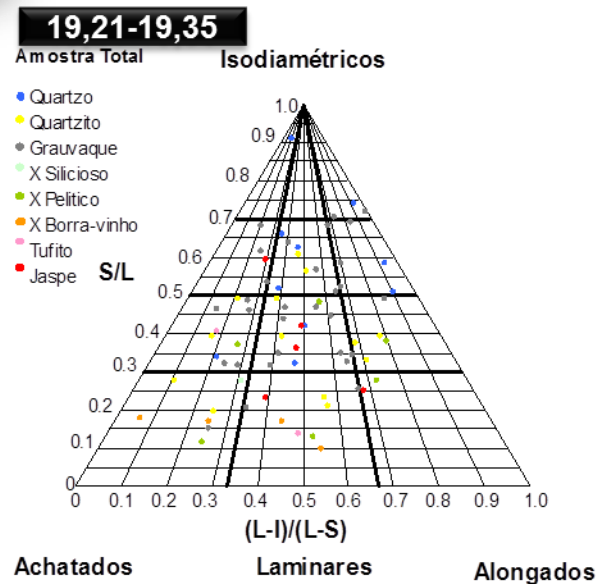
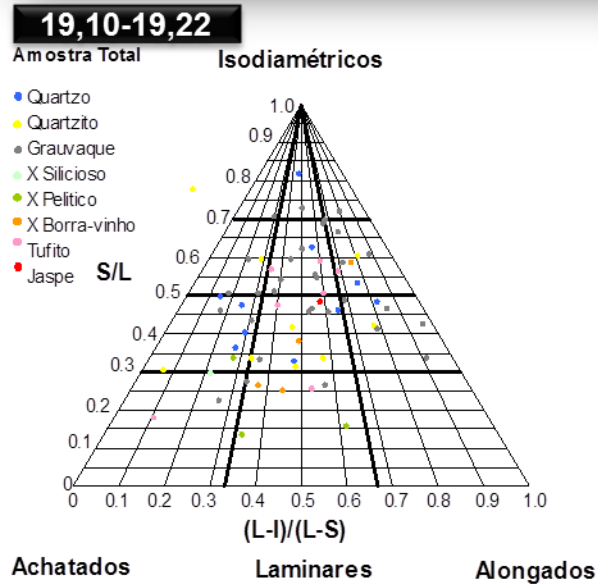
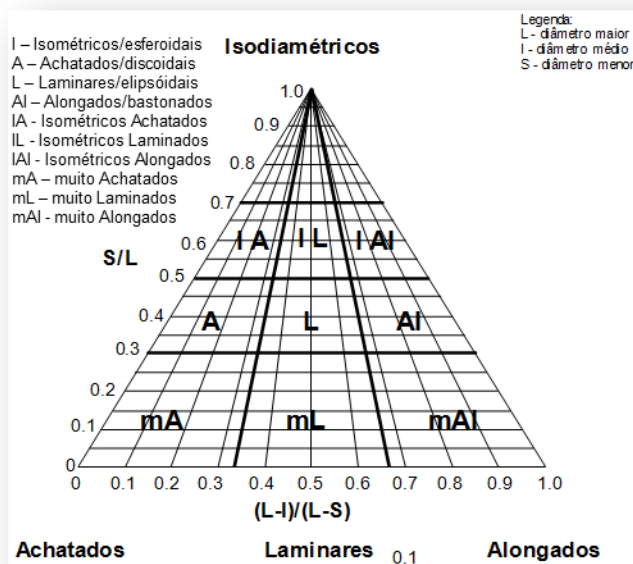
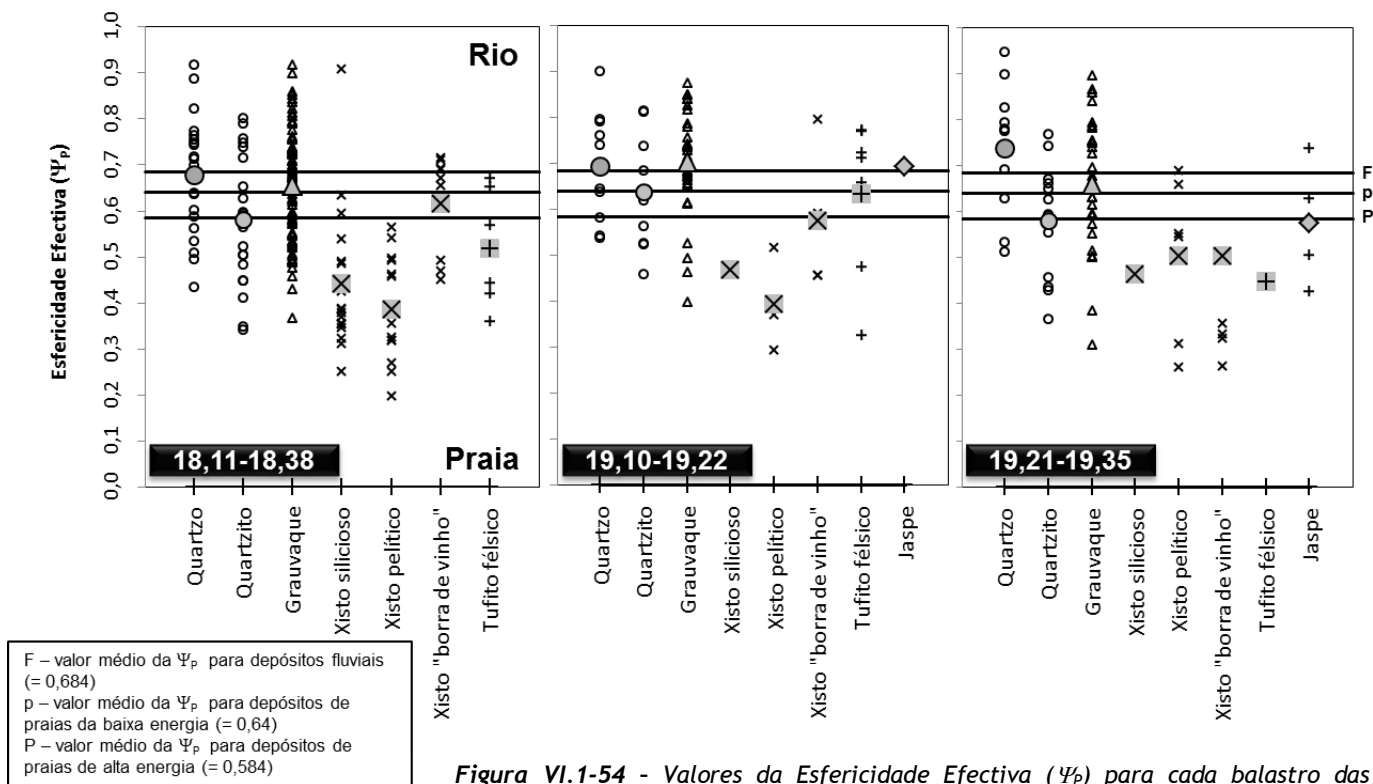


Figura VI.1-52 - Diagrama de Zingg das três amostras consideradas: diagramas à esquerda - por litologia; diagramas à direita - com as médias das litologias quartzo+quartzito e grauvaque.

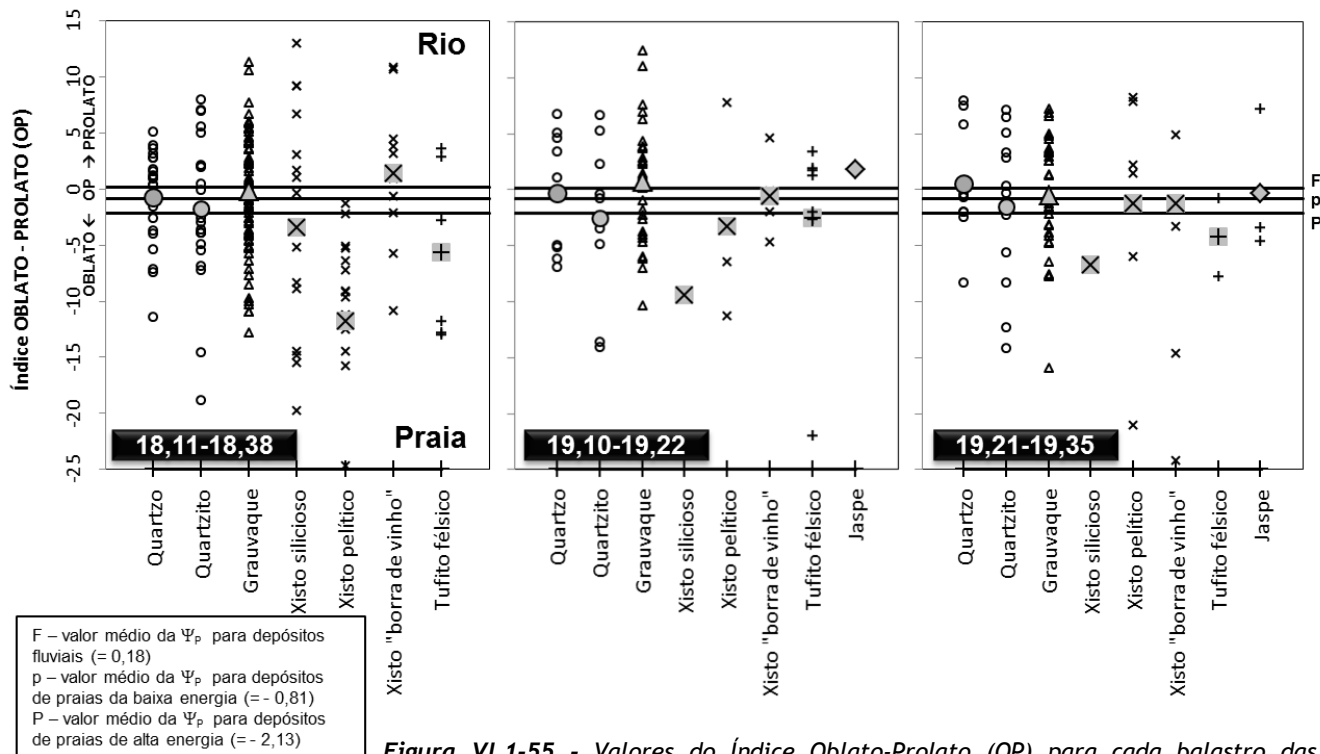




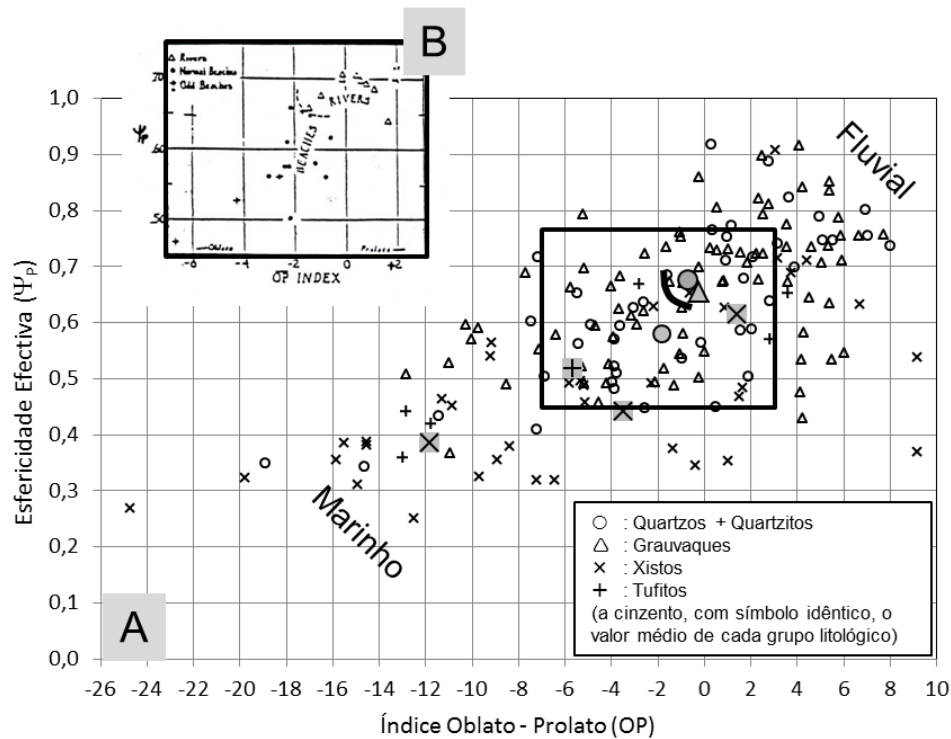
**Figura VI.1-53** - Diagrama de forma e esfericidade segundo DOBKINS & FOLK (1970) com a projecção dos balastros das três amostras (L - eixo longo; I - eixo intermédio; S - eixo curto).



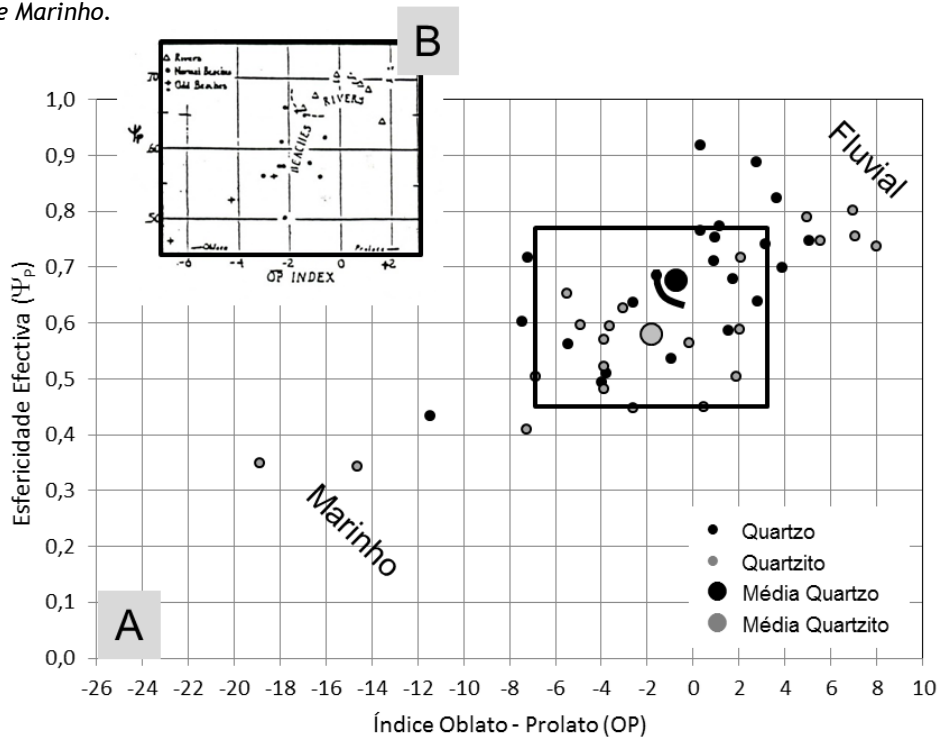
**Figura VI.1-54** - Valores da Esfericidade Efectiva ( $\Psi_p$ ) para cada balastro das diferentes litologias presentes nas três amostras estudadas na sondagem MIGM, na Lagoa de Melides. Os valores médios de cada litologia estão representados com simbologia idêntica preenchida a cinzento.



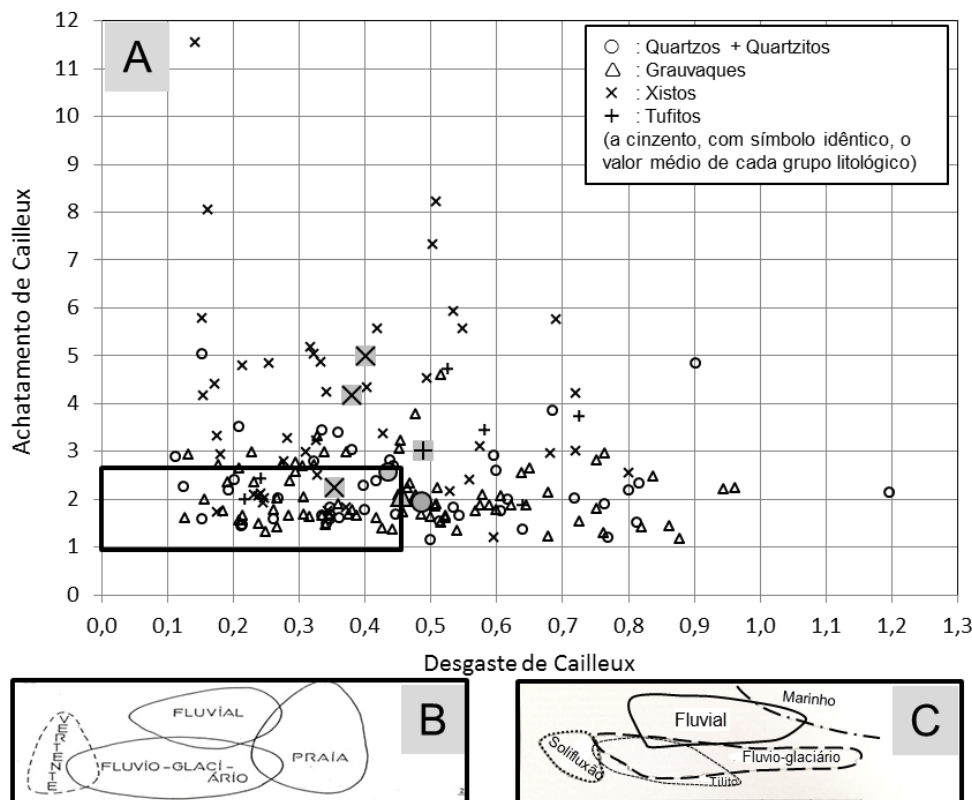
**Figura VI.1-55** - Valores do Índice Oblato-Prolato (OP) para cada balastro das diferentes litologias presentes nas três amostras estudadas na sondagem MIGM, na Lagoa de Melides. Os valores médios de cada litologia estão representados com simbologia idêntica preenchida a cinzento.



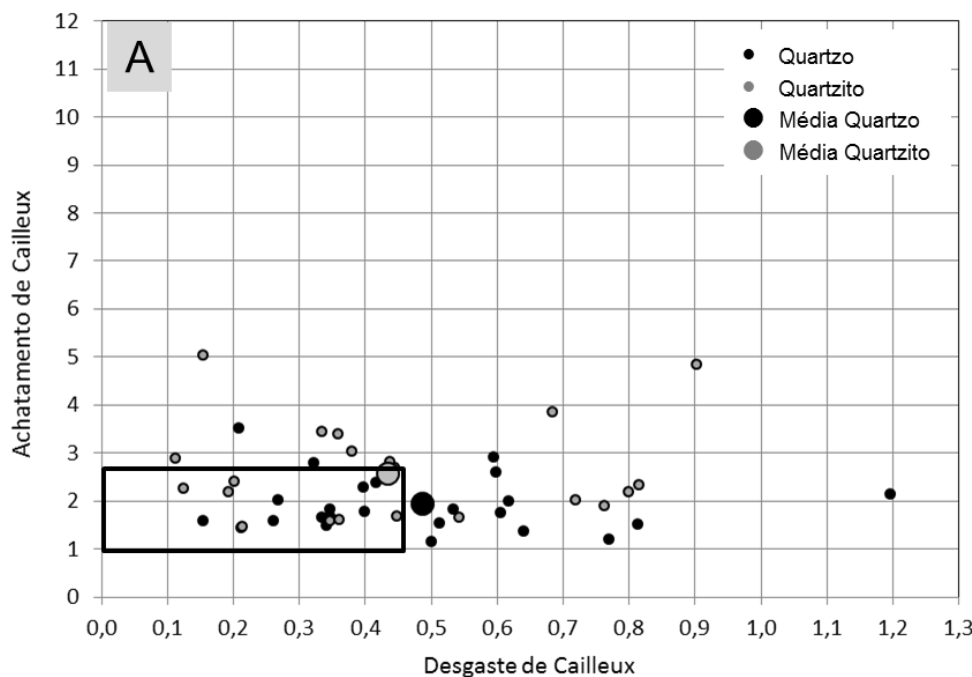
**Figura VI.1-56** - A - Gráfico de correlação de índices morfométricos Esfericidade Efectiva ( $\Psi_p$ ) versus Índice Oblato-Prolato (OP) onde se projectam os valores calculados para a totalidade dos balastos medidos na amostra 18,11-18,38 m da sondagem MIGM da Lagoa de Melides; B - Gráfico original de DOBKINS e FOLK (1970), onde se observa o limite entre os domínios Fluvial e Marinho.



**Figura VI.1-57** - A - Gráfico de correlação de índices morfométricos Esfericidade Efectiva ( $\Psi_p$ ) versus Índice Oblato-Prolato (OP) onde se projectam os valores calculados para os balastos de quartzo e quartzito medidos na amostra 18,11-18,38 m da sondagem MIGM da Lagoa de Melides; B - Gráfico original de DOBKINS e FOLK (1970), onde se observa o limite entre os domínios Fluvial e Marinho.



**Figura VI.1-58** - A - Gráfico de correlação de índices Achatamento versus Desgaste de Cailleux (1947) onde se projectam os valores calculados para a totalidade dos balastros medidos na amostra 18,11-18,38 m da sondagem MIGM da Lagoa de Melides; B - Limites dos vários domínios ambientais definidos por GALOPIM DE CARVALHO; C - Limites dos vários domínios ambientais definidos por CAILLEUX & TRICART (1959, in GALOPIM DE CARVALHO 2005). B e C para a área assinalada pelo rectângulo de bordo preto no gráfico A.



**Figura VI.1-59** - A - Gráfico de correlação de índices Achatamento versus Desgaste de Cailleux (1947) onde se projectam os valores calculados para os balastros de quartzo e quartzito medidos na amostra 18,11-18,38 m da sondagem MIGM da Lagoa de Melides. Os limites dos vários domínios ambientais constam da imagem B e C da Figura VI.1-58.

## B) Geoquímica

Os perfis das concentrações dos elementos maiores, menores e vestigiais revelam variações com limites que se ajustam às diferentes unidades litológicas já definidas (**Figura VI.1-60, VI.1-61**).

As variações das concentrações do Si e do Al reflectem as heterogeneidades litológicas que de um modo geral resultam das diferenças texturais do sedimento. Os níveis mais siliciclásticos grosseiros apresentam altos conteúdos em Si (máximo de 48,4 mg/kg) e baixos em Al (mínimo de 1,4 mg/kg), e os níveis mais vasosos revelam elevadas concentrações de Al (máximo de 8,3 mg/kg). O Si mostra elevada correlação ( $R = 0,85$  - **Tabela VI.1-14**), exclusivamente, com a fracção grosseira, pelo que esta é enriquecida em componente quártzica. A análise factorial (**Tabela VI.1-16**) conjunta dos resultados geoquímicos e sedimentológicos, confirma as afirmações anteriores: veja-se que no diagrama da **Figura VI.1-62**, relativamente ao Factor 1, o Si encontra-se no quadrante inferior esquerdo, juntamente com a fracção  $> 63 \mu\text{m}$ , em oposição à quase maioria das restantes variáveis que estão associados à fracção  $< 2 \mu\text{m}$  e ao Al (constituente essencial da fracção silto-argiolosa). De toda a sequência detrítica analisada, o substrato miocénico é o mais homogéneo, revelando pequenas variações na concentração de Si (30-35 %) e de Al (3,7-5,6 %); pelo contrário, a unidade II é a mais heterogénea, variando a concentração do Si e do Al entre 27-48 % e 1,4-7,3 %, respectivamente, variação indiciadora da heterogeneidade textural dos materiais seus constituintes, desde vasas pouco arenosas a areias.

Para além da informação sobre a textura, o quimismo dos sedimentos permite fazer algumas considerações sobre a presença de componente bioclástica carbonatada, a natureza das fontes sedimentares (continental/marinha) e sobre a maior ou menor influência do sistema continental ou marinho durante a evolução deste sistema, ao longo do tempo.

Embora na maior parte dos casos as oscilações das concentrações de Al espelhem as do Si, variando os perfis em sentido contrário, é notório em alguns níveis a ocorrência de empobrecimento simultâneo nestes dois componentes, o que pressupõe o incremento de outro(s) componente(s) em detrimento dos primeiros. A diminuição anteriormente referida ocorre quando os materiais enriquecem em componente carbonatada, correspondendo a picos de concentração de Ca, Sr e Mg, elementos com forte afinidade química e constituintes principais de resíduos bioclásticos carbonatados (ex: conchas de moluscos, foraminíferos, nanoplâncton calcário). No entanto, estes elementos também se podem encontrar enriquecidos nos níveis sedimentares onde os constituintes detríticos se encontram agregados por cimento carbonatado. Este é o caso do substrato miocénico, onde estes elementos marcam forte presença, principalmente para o topo, como consequência do importante grau de cimentação carbonatada, atingindo as concentrações de Ca, Sr e Mg valores máximos de 7,3 %, 137 mg/kg e 1,1 %, respectivamente. Nas unidades sobrejacentes (I, II e III), a presença do Ca e Sr é muito ténue ou mesmo ausente na sub-unidade IA e na unidade III, fazendo-se notar a partir da sub-unidade IB e aumentando francamente na unidade II, onde se registam, no terço superior, concentrações máximas de 5,8 % e 312 mg/kg (**Figura VI.1-60**). Os níveis enriquecidos em Ca e Sr são

consequência da importante componente bioclástica carbonatada, pois estes elementos revelam elevada correlação com a %  $\text{CaCO}_3$  ( $R_{\text{Ca}} = 0,60$ ;  $R_{\text{Sr}} = 0,63$  - **Tabela VI.1-16**). Esta associação é confirmada pela análise factorial (**Figura VI.1-62**), projectando-se estas variáveis próximas umas das outras, no hemisfério positivo do Factor 2, encontrando-se associadas ao S, Br, % MO e pH. Esta proximidade entre a componente bioclástica carbonatada (Ca, Sr, %  $\text{CaCO}_3$ ) e os indicadores de afinidade marinha (Br, S), sugere forte influência do meio marinho durante a deposição destes níveis. Embora posicionados no mesmo hemisfério, o Mg e o Cl, encontram-se um pouco distanciados aproximando-se do Al e da % <  $2\mu\text{m}$ , o que sugere que o Mg não é exclusivo dos bioclastos contribuindo a fracção fina do sedimento para a percentagem total do Mg.

Pelo exposto, infere-se que a maior influência marinha é notada na sub-unidade IB e em maior grau na unidade II.

Tal como já foi referido anteriormente, quanto à definição das fontes dos sedimentos, os elementos como o K, Rb, Th, Ti, Zr, Y, Nb, e os Elementos das Terras Raras Leves (ETRL) encontram-se enriquecidos no sistema continental, pelo que podem ser utilizados como indicadores dos aportes terrígenos continentais, definindo-se períodos onde o fluxo continental se sobrepõe à influência marinha durante a evolução deste sistema. Todos os elementos anteriormente citados apresentam forte correlação com o Al e com a fracção fina do sedimento (**Tabelas VI.1-16, VI.1-17 e Figura VI.1-62**), sugerindo a forte assinatura continental da componente detrítica dos níveis mais vasosos, mesmo aqueles onde a componente carbonatada biogénica e os elementos paleosalinos indiciam importante influência marinha. Efectivamente, se analisarmos o padrão de distribuição das concentrações dos ETR normalizados com o valor das concentrações dos mesmos elementos nos meteoritos do tipo Condritos (**Figura VI.1-63**), verifica-se que a curva é muito semelhante às de padrões considerados como típicos de sedimentos, com assinatura semelhante à da crosta continental superior. Embora se verifique semelhança entre as curvas das amostras analisadas no presente estudo e a do padrão NASC, nota-se que algumas se encontram mais para a base do diagrama indicando empobrecimento em ETR, facto mais acentuado em alguns níveis das unidades I e II (**Figura VI.1-63**). De facto, se as concentrações forem normalizadas relativamente ao NASC, verifica-se que o empobrecimento chega em alguns casos a uma ordem de grandeza (**Figura VI.1-64**). Estes níveis correspondem a sedimentos francamente arenosos, por vezes cascalhentos, sem ou com escassa componente vasosa (que nesta sondagem é claramente a portadora dos ETR), muito ricos em grãos detríticos de quartzo.

Como já foi dito a propósito de MB, note-se que após os processos de meteorização e erosão das rochas continentais a maior parte dos ETR está concentrado nas argilas, enquanto o quartzo, mineral abundante nos produtos de meteorização, é empobrecido nestes componentes. No entanto, se nos níveis arenosos estiverem presentes grãos detríticos, por exemplo, de apatite ou zircão (minerais concentradores de ETR), então poderíamos ter nestes depósitos arenosos níveis atipicamente elevados em ETR (HENDERSON, 1986), pelo que esta observação analítica confirma a caracterização mineralógica macroscópica dos sedimentos, que indicava uma componente grosseira rica em quartzo.

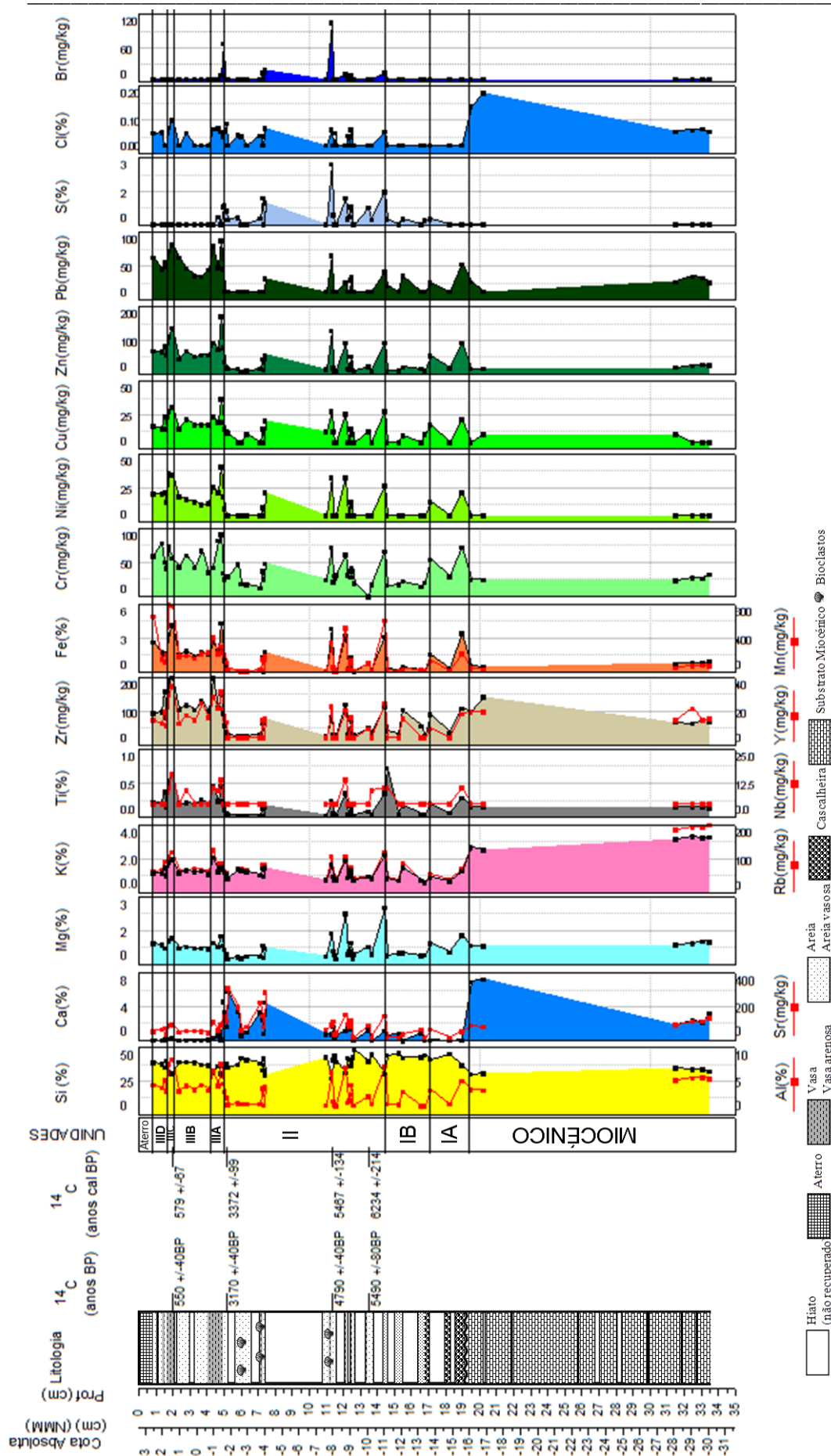


Figura VI.1-60 - Log, datações, unidades definidas e perfis verticais dos parâmetros geoquímicos do testemunho sedimentar MIGM.



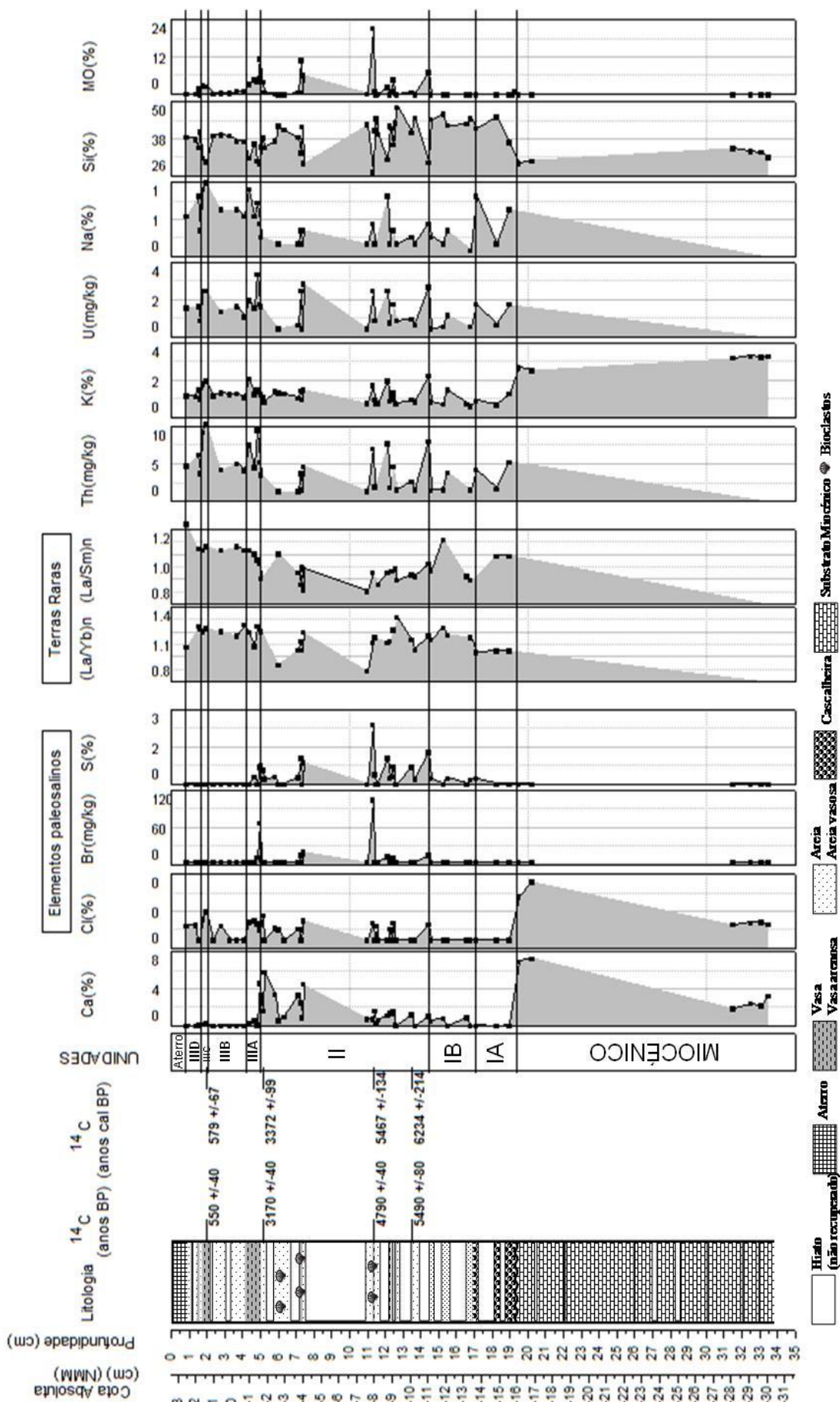


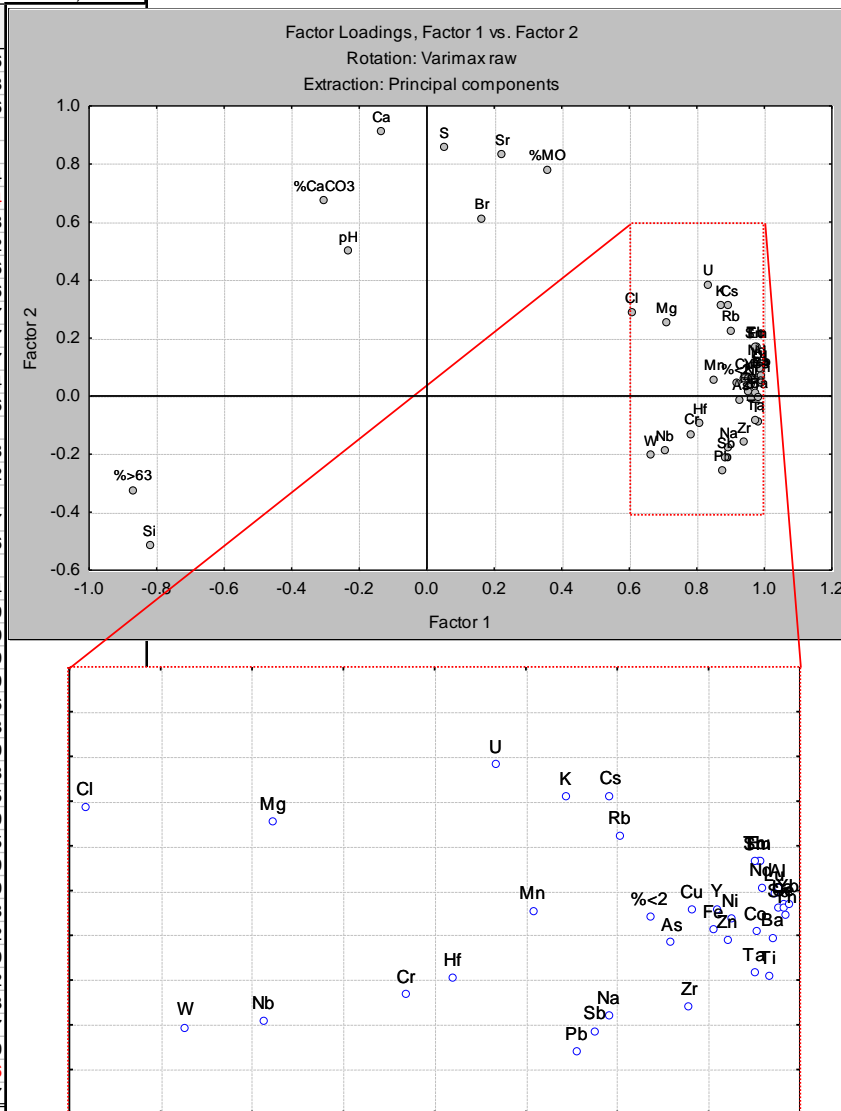
Figura VI.1-61 - Log, datações, unidades definidas e perfis verticais dos parâmetros geoquímicos do testemunho sedimentar MIGM.

Tabela VI. 1-16 - Parâmetros de correlação dos componentes texturais e composicionais da sequência sedimentar MIGM.

Variable	Mg	Al	Si	Ca	K	Fe	Mn	Cr	Ti	Co	Na	Sc	Co	As	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Th	U	%-R3	%-2	pH	%MO	%CaCO3	
Mg	1.00	0.77	0.64	0.51	0.28	0.75	0.69	0.62	0.60	0.69	0.75	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
Al	0.77	1.00	0.86	0.17	0.60	0.91	0.85	0.95	0.95	0.84	0.85	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
Si	0.64	0.86	1.00	0.44	0.62	0.96	0.89	0.91	0.91	0.83	0.80	0.87	0.84	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	
Ca	0.51	0.17	0.44	1.00	0.11	0.37	0.64	0.58	0.47	0.28	0.63	0.67	0.14	-0.02	-0.31	-0.14	0.11	0.05	0.02	0.42	0.04	0.10	0.09	0.15	0.22	0.20	0.19	0.12	0.10	0.41	0.32	0.06	0.26	0.69	0.47	
K	0.28	0.60	0.62	0.11	1.00	0.58	0.24	0.58	0.44	0.64	0.54	0.42	0.58	0.44	0.64	0.54	0.42	0.58	0.44	0.64	0.54	0.42	0.58	0.44	0.64	0.54	0.42	0.58	0.44	0.64	0.54	0.42	0.58	0.44	0.64	
Fe	0.75	0.91	0.86	0.37	0.58	1.00	0.12	0.84	0.53	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	0.79	0.77	0.78	
Mn	0.69	0.77	0.60	0.51	0.28	0.75	1.00	0.73	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	0.80	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	0.80	0.92	0.90	0.83	
Cr	0.60	0.77	0.60	0.51	0.28	0.75	0.73	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	
Ti	0.69	0.85	0.69	0.11	0.63	0.77	0.10	0.83	0.64	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	
Co	0.75	0.95	0.79	0.07	0.56	0.78	0.11	0.90	0.84	0.84	1.00	0.96	0.93	0.97	0.71	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	
Na	0.71	0.95	0.81	0.06	0.62	0.79	0.07	0.92	0.84	0.84	1.00	0.96	0.93	0.97	0.71	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	0.79	0.75	
Cu	0.70	0.94	0.83	0.11	0.53	0.79	0.07	0.90	0.81	0.75	0.93	0.94	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	
Zn	0.66	0.94	0.80	0.00	0.58	0.76	0.10	0.93	0.83	0.76	0.97	0.97	0.95	1.00	0.21	0.19	0.32	0.22	0.05	0.07	0.03	0.23	0.18	0.15	0.30	0.15	0.20	0.20	0.21	0.25	0.25	0.19	0.27	0.11	0.09	0.01
Br	0.20	0.20	0.47	0.47	0.16	0.23	0.69	0.10	0.04	0.09	0.17	0.19	0.20	0.21	0.10	0.19	0.32	0.22	0.05	0.07	0.03	0.23	0.18	0.15	0.30	0.15	0.20	0.20	0.21	0.25	0.25	0.19	0.27	0.11	0.09	0.01
Sr	0.30	0.30	0.65	0.63	0.46	0.48	0.78	0.15	0.10	0.22	0.23	0.28	0.28	0.22	0.32	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Y	0.60	0.95	0.84	0.07	0.64	0.86	0.06	0.94	0.75	0.78	0.89	0.89	0.90	0.92	0.88	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Zr	0.51	0.91	0.72	0.14	0.54	0.82	0.24	0.97	0.72	0.76	0.84	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	
Nb	0.40	0.82	0.63	0.02	0.42	0.58	0.28	0.89	0.56	0.58	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
Pb	0.55	0.87	0.67	0.14	0.44	0.73	0.25	0.92	0.75	0.73	0.84	0.85	0.84	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
Sc	0.74	0.99	0.84	0.11	0.60	0.84	0.07	0.96	0.79	0.85	0.97	0.97	0.95	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	
Co	0.71	0.96	0.81	0.05	0.60	0.82	0.11	0.96	0.78	0.89	0.95	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94
As	0.70	0.92	0.75	0.02	0.61	0.77	0.14	0.90	0.71	0.89	0.92	0.91	0.85	0.90	0.21	0.79	0.14	0.87	0.84	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81	0.86	0.81
Sb	0.52	0.85	0.64	0.02	0.52	0.67	0.25	0.90	0.74	0.81	0.87	0.84	0.81	0.86	0.15	0.70	0.03	0.86	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	0.87	0.80	
Cs	0.87	0.93	0.85	0.42	0.55	0.90	0.10	0.97	0.73	0.86	0.93	0.94	0.90	0.93	0.15	0.91	0.22	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
Ba	0.70	0.98	0.80	0.04	0.60	0.88	0.14	0.97	0.73	0.86	0.93	0.94	0.90	0.93	0.15	0.91	0.22	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
La	0.70	0.98	0.80	0.04	0.60	0.88	0.14	0.97	0.73	0.86	0.93	0.94	0.90	0.93	0.15	0.91	0.22	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
Ce	0.69	0.98	0.84	0.09	0.62	0.89	0.07	0.98	0.72	0.84	0.92	0.94	0.92	0.94	0.20	0.92	0.27	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Nd	0.73	0.98	0.85	0.15	0.61	0.89	0.04	0.96	0.71	0.83	0.91	0.94	0.93	0.93	0.21	0.92	0.31	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Sm	0.76	0.99	0.87	0.22	0.61	0.91	0.01	0.95	0.71	0.83	0.91	0.94	0.93	0.93	0.25	0.94	0.35	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Eu	0.73	0.98	0.88	0.20	0.63	0.92	0.02	0.96	0.71	0.84	0.91	0.94	0.93	0.93	0.25	0.94	0.35	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Tb	0.72	0.98	0.88	0.19	0.65	0.92	0.01	0.95	0.72	0.84	0.91	0.94	0.93	0.93	0.25	0.94	0.35	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Yb	0.73	0.99	0.86	0.12	0.61	0.90	0.08	0.98	0.75	0.86	0.93	0.95	0.93	0.94	0.19	0.93	0.28	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Lu	0.73	0.99	0.86	0.13	0.59	0.88	0.04	0.96	0.77	0.85	0.94	0.95	0.94	0.95	0.27	0.90	0.29	0.94	0.91	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
Hf	0.52	0.78	0.65	0.04	0.41	0.73	0.17	0.81	0.60	0.55	0.74	0.72	0.77	0.78	0.11	0.76	0.13	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	
Ta	0.66	0.96	0.75	0.01	0.54	0.84	0.24	0.99	0.73	0.82	0.90	0.92	0.89	0.92	0.09	0.89	0.16	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	
W	0.38	0.61	0.48	0.02	0.30	0.43	0.24	0.66	0.57	0.48	0.66	0.65	0.74	0.70	0.01	0.49	0.02	0.60	0.59	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	
Th	0.70	0.98	0.87	0.10	0.60	0.87	0.10	0.97	0.76	0.85	0.94	0.96	0.94	0.95	0.18	0.90	0.26	0.95	0																	

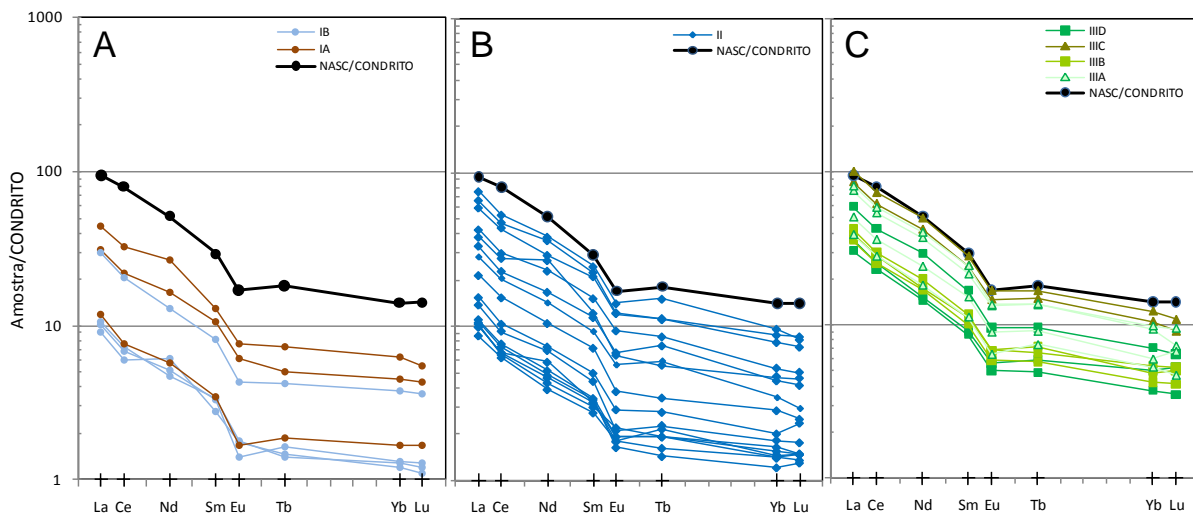
**Figura VI.1-62 - Gráfico Factor1 versus Factor2 da Análise Factorial considerando 57 variáveis (sedimentologia e geoquímica) e 32 casos.**

Variable	Factor Loadings (Varimax row) (MIGM-3 Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000))	
	Factor 1	Factor 2
Mg	0.71173	0.253276
Al	0.98827	0.104828
Si	-0.81922	-0.517116
S	0.05282	0.856371
Cl	0.60884	0.286741
K	0.87182	0.309804
Ca	-0.13315	0.910844
Ti	0.98296	-0.089738
Cr	0.78422	-0.131992
Mn	0.85388	0.054206
Fe	0.95281	0.012046
Ni	0.96220	0.037597
Cu	0.94112	0.056897
Zn	0.96042	-0.009117
Br	0.16392	0.608654
Rb	0.90140	0.222616
Sr	0.22360	0.829741
Y	0.95467	0.058438
Zr	0.93946	-0.160532
Nb	0.70641	-0.190111
Pb	0.87785	-0.259837
Na	0.89537	-0.180536
Sc	0.98819	0.060431
Co	0.97597	0.008334
As	0.92951	-0.015569
Sb	0.88799	-0.213790
Cs	0.89590	0.311049
Ba	0.98525	-0.006369
La	0.99069	0.069446
Ce	0.99120	0.061833
Nd	0.97889	0.107310
Sm	0.97700	0.164968
Eu	0.97797	0.166435
Tb	0.97550	0.167709
Yb	0.99367	0.070605
Lu	0.98616	0.095599
Hf	0.81004	-0.095810
Ta	0.97530	-0.082918
W	0.66340	-0.205312
Th	0.99253	0.046510
U	0.83332	0.381552
%>63	-0.86896	-0.324893
%<2	0.91780	0.041987
pH	-0.23167	0.497840
%MO	0.35831	0.778596
%CaCO3	-0.30274	0.673127
Expl. Var	32.71016	5.275188
Prp. Totl	0.71109	0.114678

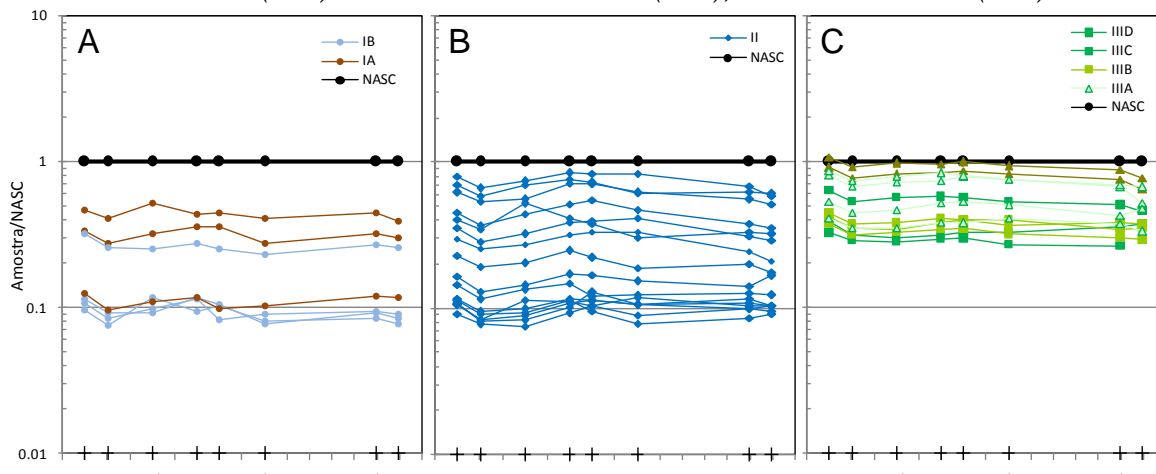


301

$(La/Yb)_n$  encontram-se na **Figura VI.1-61**, revelando estas razões factores de correlação de  $r=0,5$  e de  $r=0,06$ , respectivamente com o Ca (considerado como indicador de maior influência oceânica no sistema, por estar associado aos níveis mais ricos em bioclastos carbonatados), pelo que a razão  $(La/Sm)_n$  revela-se mais importante na definição da influência dos aportes terrígenos ao sistema. Efectivamente, de toda a sequência, são a sub-unidade IA e a unidade III, que, de um modo geral, revelam as menores oscilações destes valores sistematicamente mais elevados, sugerindo uma maior e mais permanente influência continental durante a sua deposição. No entanto, na sub-unidade IB e na II, é notória uma oscilação dos valores (aspecto serrilhado do perfil - **Figura VI.1-61**), sugerindo que a influência dos aportes continentais terrígenos alternou no tempo com outros episódios de maior influência marinha. Na metade inferior da unidade II, é notório um progressivo decréscimo de ETR culminando com os maiores valores de Br, Cl e S, sugerindo um aumento da influência marinha no sistema. Na metade superior parece evidente a existência de dois períodos de maior influência marinha separados por um de maior aporte continental.



**Figura VI.1-63** - Abundâncias dos ETR das amostras da sondagem MIGM normalizadas para os "Condritos". Valores dos "Condritos" de WAKITA et al. (1971) e do NASC de EVENSEN et al. (1978), ambos in HENDERSON (1986).



**Figura VI.1-64** - Abundâncias dos ETR das amostras das unidades da sondagem MIGM normalizadas para o NASC. Valores do NASC de EVENSEN et al. (1978), in HENDERSON (1986).

Relativamente aos metais pesados, foram analisados os seguintes elementos: Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Pb. Mais uma vez dar-se-á especial atenção aos que estão associados a problemas ambientais e por serem essenciais para estabelecer os “valores naturais do sistema” pré-antrópicos (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb). Refere-se aqui também o elemento S pela sua afinidade com os metais pesados para formar sulfuretos quando em ambiente anóxico.

É de assinalar ao longo da sondagem nove níveis com teores mais elevados em metais (**Tabela VI.1-18**); destes destacamos três amostras onde se encontram as concentrações mais elevadas de Zn: 1,77-1,78 m (unidade IIIC), 1,99-2,00 m (unidade IIIC) e 4,85-4,86 m (unidade IIIA). Note-se que dos nove níveis assinalados, estas três amostras correspondem a vasas e a vasas arenosas com teores de matéria orgânica entre 2,4 e 4,0 (não são os mais elevados) mas com características hiperácidas a subácidas. Mais uma vez o carácter vasoso dos sedimentos associado à presença de matéria orgânica e de acidez parece potenciar a ocorrência de teores elevados de metais pesados nos sedimentos. Tal como já sugerido na sondagem MB estes devem corresponder a episódios de sedimentação ocorridos em ambiente anóxico. No entanto, os valores de enxofre são nesta sondagem mais baixos que em MB, pelo que teremos menores possibilidades de reter os metais como sulfuretos. Por outro lado, este défice em S também é sinal de que aqui temos uma menor influência do sistema marinho como fonte de S.

**Tabela VI.1-18** - Características texturais/composicionais e concentrações dos metais pesados e do Al, S e As nos níveis com os valores mais elevados na sondagem MIGM (Lagoa de Melides). Apresentam-se ainda os valores da Referência Internacional - “Average Shale” - usada como material não contaminado.

Unidade	Ref <sup>a</sup> amostra (m)	% > 63 µm	Classificação	% MO	pH	Classificação	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
IIID	0.89-0.90	84,9	Areia pouco vasosa (cascalhenta)	0,2	8,09	Subalcalino	4,53	0,09	60	662	2,7	21	17	69	63
IIIC	1.77-1.78	25,9	Vasa arenosa	2,9	5,07	Subácido	7,55	0,14	74	805	3,4	36	28	112	73
IIIC	1.99-2.00	2,7	Vasa	2,7	5,60	Subácido	8,29	0,11	57	793	4,2	35	31	138	82
IIIA	4.36-4.37	24,7	Vasa pouco arenosa	3,4	6,48	Subácido	6,64	0,17	43	413	2,7	26	24	95	80
IIIA	4.85-4.86	35,3	Vasa arenosa	4,0	4,07	Hiperácido	7,58	0,21	92	314	4,4	41	37	172	88
II	11.32-11.33	15,8	Vasa pouco arenosa	21,3	6,35	Subácido	7,58	2,74	73	358	3,9	33	28	129	66
II	12.15-12.16	45,0	Vasa arenosa	2,5	6,72	Neutro	7,07	1,22	62	528	3,3	33	26	93	26
II	14.43-14.44	24,1	Vasa pouco arenosa	7,3	6,04	Subácido	6,44	1,51	67	620	3,2	27	28	94	42
IA	18.96-18.97	85,0	Areia pouco vasosa (cascalhenta)	0,0	6,33	Subácido	7,07	0,15	73	224	3,5	22	22	94	53
Average Shale		-	Argilito	-	-	-	8,0	-	90	850	4,7	68	45	95	20

Outro aspecto digno de assinalar é que nesta sondagem (MIGM), representativa da região mais a montante, se registam concentrações da mesma ordem de grandeza ou mais elevadas que as detectadas na região mais próxima do oceano (sondagem MB), sugerindo o importante contributo das fontes terrígenas para os metais.

Tal como na sondagem MB, quando se comparam os teores dos metais com os do material de referência internacional indicado como não contaminado (“Average Shale”), também aqui se detectam teores de Zn e Pb

sistematicamente superiores, pelo que os materiais litológicos presentes na bacia hidrográfica da Lagoa de Melides (especialmente as litologias do Paleozóico), contribuem para um valor de fundo mais elevado que o apontado na referência internacional.

### **C) Interpretação ambiental**

Os resultados sedimentológicos e geoquímicos da sondagem MIGM, permitiram a definição de três unidades distintas, depositadas durante o Holocénico, que assentam sobre um substrato miocénico essencialmente arenoso, por vezes mais ou menos cimentado por material carbonatado. À informação obtida pela autora, adicionam-se agora os resultados fornecidos pelos indicadores paleoecológicos (foraminíferos - ALDAY, 2004, ostracodos - CABRAL *et al.*, 2006, nanoplâncton calcário - informação oral de Mário CACHÃO e dados inéditos de Maria de Jesus RIBEIRO) que serão utilizados para melhor caracterizar a evolução desta região durante o Holocénico, comparando-se as unidades definidas no presente estudo com as estabelecidas pelos referidos autores (*Figura VI.1-65*).

#### **Substrato miocénico (Profundidade: 33,72 a 19,35 m; Cota: -30,33 a -15,96 m, NMM)**

As características texturais e composicionais dos materiais do substrato são semelhantes às descritas na literatura sobre o Miocénico regional (OLIVEIRA, 1984). Corresponde à Zona de Foraminíferos 1 (ZF1), onde o conteúdo foraminífero presente é abundante, com diversidade específica moderada, revelando-se as carapaças dos organismos mal preservadas (fractura mecânica e dissolução), e sendo as espécies presentes tanto de características estuarinas (*A. beccarii*) como de condições marinhas normais (*C. lobatulus*, *E. crispum*, *R. anomala*). Nas unidades definidas com base nas associações de ostracodos, este troço sedimentar corresponde aos materiais onde os ostracodos são relativamente abundantes e representados por espécies marinhas miocénicas. Na ausência de qualquer tipo de datação a associação destes materiais à época miocénica foi igualmente confirmada pelo tipo de nanoplâncton calcário.

#### **Unidade I (Profundidade: 19,35 a 14,48 m; Cota: -15,96 a -11,09 m, NMM)**

##### **Sub-unidade IA (Profundidade: 19,35 a 17,08 m; Cota: -15,96 a -13,69 m, NMM)**

##### **Sub-unidade IB (Profundidade: 17,08 a 14,48 m; Cota: -13,69 a -11,09 m, NMM)**

A sedimentação desta unidade inicia-se com depósitos de materiais arenosos muito grosseiros, por vezes cascalhentos, onde estão ausentes bioclastos carbonatados, matéria orgânica e elementos paleosalinos. Para a sub-unidade IB assiste-se à diminuição do diâmetro médio das partículas e a uma maior frequência de níveis de cariz mais vasoso. Esta unidade corresponde aos dois terços inferiores da ZF2 e à Zona de Ostracodos I - ZOI. Caracteriza-se por ausência de ostracodos e de nanoplâncton calcário e uma abundância absoluta e

número de espécies de foraminíferos muito baixas, encontrando-se maioritariamente *A.beccarii*, *H.germanica* e *H.depressula*.

Estas características sugerem uma sedimentação fluvial inicialmente em regime de elevado hidrodinamismo (sub-unidade IA), diminuindo progressivamente para o topo da unidade (sub-unidade IB). A presença muito ténue em alguns níveis de carapaças de espécies de foraminíferos bentónicos de ambiente salobro e de valores mais elevados de S e mais baixos de  $(La/Sm)_n$ , sugere uma deposição, afastada da linha de costa, fortemente influenciada pelo sistema continental, mas que pontualmente pode ter sofrido uma inundação marinha incipiente, exclusivamente durante a sub-unidade IB (ambiente estuarino “limitado”).

Tendo em conta a datação de  $^{14}C$  mais antiga e que esta se situa próximo da base da unidade II, podemos afirmar que a deposição da unidade I é anterior a  $5490 \pm 80$  anos BP ( $6234 \pm 234$  anos cal BP).

#### **Unidade II (Profundidade: 14,48 a 4,91 m; Cota: -11,09 a -1,52 m, NMM)**

Esta segunda unidade é constituída por uma alternância litológica bem marcada entre sedimentos essencialmente arenosos e vasosos, onde os níveis mais grosseiros se encontram enriquecidos em fragmentos de moluscos e alguns litoclastos de xisto e grauwauque. O conteúdo em carbonato de Ca, em material orgânico e em elementos paleosalinos é variável, registando-se os teores mais elevados do primeiro no topo da unidade, enquanto os restantes aumentam de importância para o topo da metade inferior desta unidade. As diferenças das características texturais e composicionais encontradas não justificaram a subdivisão desta unidade. No entanto, as associações de foraminíferos e de ostracodos permitiram a caracterização de eventos distintos.

Esta unidade corresponde ao terço superior da ZF2, à ZF3+ZF4 e às ZOIIA+ZOIIB. A ZF3 revela uma abundância e diversidade moderadas, sendo representada por associação de indivíduos de espécies exóticas de plataforma interna e de meios marinhos marginais (*A.becarii*, *A.mamilla*, *H.germanica*), correspondendo ao testemunho da maior influência marinha registada em toda a sondagem. Na ZF4 decresce a abundância e a diversidade, revelando associações de carácter mais salobro a doce. A ZOIIA caracteriza-se por moderada diversidade, embora a mais importante de toda a sondagem, registando associações típicas de ambiente salobro embora no topo se registre a presença importante de espécies marinhas litorais a sublitorais, típicas de substratos arenosos. A ZOIIB caracteriza-se por baixa diversidade e moderada abundância de espécies típicas de ambientes oligohalinos de pequena profundidade. É nesta unidade II que se regista a maior abundância em nanoplâncton calcário, registando-se valores máximos de 66 447 cocólitos por grama de sedimento seco. É interessante realçar que os picos de maior abundância deste biomarcador aparecem desfasados dos bioindicadores anteriores, parecendo anteceder os picos de maior abundância de ostracodos característicos de ambientes salobros.

Os resultados da análise sedimentológica, geoquímica e paleoecológica indicam uma alternância na sedimentação, pautando-se por períodos de maior influência marinha enquanto noutros a assinatura



continental se sobrepõe. A conjugação de todas as informações disponíveis permitem inferir que durante a sedimentação da unidade II se registou uma diminuição da influência do sistema continental, ocorrendo a sedimentação em ambiente estuarino ou mesmo marcadamente mais marinho na metade inferior desta unidade (ZF3 e ZOIIA), evoluindo posteriormente para um ambiente estuarino mais confinado (lagunar). Este confinamento poderá estar relacionado com a possível instalação de uma barreira arenosa que veio confinar o antigo estuário, transformando-o numa laguna (ver discussão mais à frente no modelo de evolução).

As três datações  $^{14}\text{C}$  efectuadas em sedimentos da unidade II (*nível 13,49-13,51*: 5490±80 anos BP, 6234±214 anos cal BP; *nível 11,33-11,34*: 4790±40 anos BP, 5467±134 anos cal BP; *nível 5,12-5,14*: 3170±40 anos BP, 3372±99 cal BP) sugerem que a deposição desta unidade se terá iniciado antes de 5500 anos BP (≈6300 anos cal BP) e que o máximo de influência marinha, identificado no topo da metade superior desta unidade, terá ocorrido há cerca de 5000 anos BP (≈5800 cal BP). Nos 2000 anos seguintes instala-se um domínio lagunar até que há cerca de 3000 anos BP (≈3400 cal BP) o avanço da frente de progradação fluvial para jusante atinge o local da sondagem, assistindo-se ao enterramento dos materiais lagunares pelos depósitos fluviais.

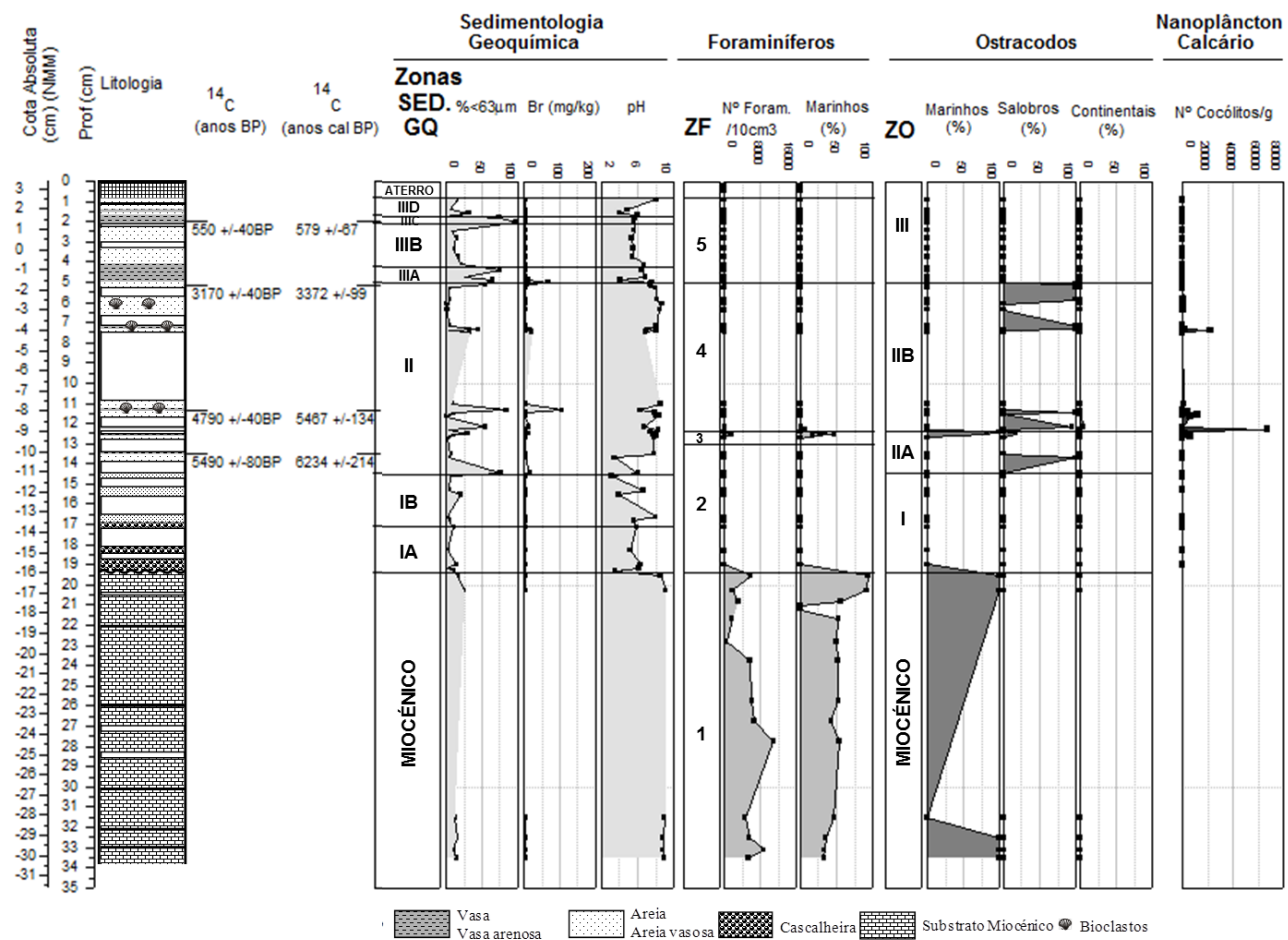
### **Unidade III (Profundidade: 5,03 a 0,80 m; Cota: -1,52 a +2,59 m NMM)**

A unidade III corresponde a uma sequência de sedimentos desprovidos de carbonato de Ca mas onde as variações texturais e composicionais sugerem a alternância de eventos de maior e menor hidrodinamismo. Deste modo, ao contrário do verificado na unidade anterior, aqui os resultados analíticos combinados da sedimentologia e geoquímica permitiram a subdivisão desta unidade, tendo-se identificado dois eventos de menor (IIIA e IIIC) e dois de maior hidrodinamismo (IIIB e IIID). Às duas sub-unidades de material mais vasoso (IIIA e IIIC) estão associados, por vezes, ligeiros aumentos de Br e Cl. Já o estudo do conteúdo paleoecológico, não permitiu a diferenciação em sub-unidades, correspondendo a presente unidade III à ZF5 e à ZOIII, por se caracterizar por completa ausência de foraminíferos, ostracodos e nanoplâncton calcário.

As características texturais, composicionais e a ausência de marcadores paleoecológicos desta unidade, indicam uma deposição marcadamente sob a influência do domínio fluvial. No entanto, as sub-unidades mais vasosas (IIIA e IIIC), por revelarem ténue presença de elementos paleossalinos, devem corresponder a períodos de franca inundação da várzea, por águas salobras represadas em período de ausência de barra de maré. Actualmente, após épocas pluviosas, com barra de maré ausente, o espelho de água lagunar pode espalhar-se para montante, conduzindo ao alagamento dos actuais campos agrícolas (**Figura VI.1-35B**), possibilitando ocorrência de sedimentação fina na várzea de Melides. As características dessas águas podem ser mais ou menos salobras dependendo de numerosos factores (tempo de barra activa, galgamentos oceânicos, precipitação, ...), pelo que se enriquecidas em elementos como o Br, Cl e S, estes podem adicionar-se ao fluxo de material sedimentado, conferindo sinal salobro aos sedimentos da várzea.

As datações disponíveis (**Tabela VI.1-18**) nesta unidade (*nível 2,00-2,01 m*: 550±40 anos BP, 579±67 cal BP), juntamente com a datação próxima do topo da unidade II, indicam que o avanço da frente de

progradação fluvial atingiu o local da sondagem MIGM há cerca de 3000 anos BP (3400 anos cal BP), alternando no tempo condições de maior e menor hidrodinamismo. Há cerca de 3400 anos cal BP (sub-unidade IIIA) e depois há 580 anos cal BP (sub-unidade IIIC) parecem terem ocorrido períodos de inundação importantes (maior coluna de água) que potenciaram a deposição de sedimentos finos, à qual estiveram associados importantes galgamentos oceânicos que permitiram a introdução de água salgada no sistema que induziu cariz salobro às águas fluviais represadas.



**Figura VI.1-65** - Principais unidades/sub-unidades definidas no estudo sedimentológico e geoquímico da sondagem MIGM e comparação com as Zonas/Sub-zonas definidas nos diferentes estudos paleoecológicos (ZF - Zona de Foraminíferos; ZO - Zona de Ostracodos).

### VI.1.1.3.3 Idades radiocarbono, modelos de idade e taxas de sedimentação

Nas sondagens “longas” MB e MIGM, efectuadas na Lagoa de Melides, foram determinadas 6 e 4 datações pelo método  $^{14}\text{C}$ , respectivamente, encontrando-se os resultados fornecidos pelo laboratório na **Tabela VI.1-19A**. Nos resultados não se observaram sobreposições de idades e todos os níveis revelaram idades cronologicamente ordenadas (em ordem estratigráfica) (**Figura VI.1-66**).

Os resultados analíticos (idades radiocarbono convencionais) foram utilizados para construir o MODELO DE IDADES utilizando o Programa CLAM versão 2.1 (BLAAUW, 2010) para o software R (R Development Core Team, 2010). Este programa calibra a idades radiocarbono usando o IntCal09 (REIMER *et al.*, 2009), obtendo-se as idades em cal BP (**Tabela VI.1-19B**). Estas idades foram utilizadas para determinar as taxas de sedimentação. O Modelo (por definição do operador), gerou idades interpoladas para cada centímetro com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade.

Os Modelos de Idade elaborados pelo programa Clam para as sondagens MB e MIGM da Lagoa Melides, apresentam-se na **Figura VI.1-66**. Embora existam diferenças significativas no tipo de sedimentação registada em MB e MIGM (textura, composição, paleoecologia), como consequência da sua posição mais distal (MIGM) ou proximal (MB) à linha de costa contemporânea da sedimentação, a manutenção do declive do Modelo de Idades sugere que a acumulação sedimentar se terá processado a taxas mais ou menos constantes de aproximadamente 3 mm/ano, até há cerca de 2600 anos cal BP e 3400 anos cal BP em MB e MIGM, respectivamente. Este valor parece ter-se reduzido posteriormente face à diminuição do declive do ajuste linear, provavelmente como consequência da diminuição/estabilização da subida do nível médio do mar.

A projecção das idades radiocarbono calibradas em função da cota absoluta do nível datado, apresenta-se na **Figura VI.1-67** (Modelo de Idades). O modelo de idades obtido para cada sondagem - MB e MIGM - revela uma correlação muito elevada entre as amostras datadas ( $r^2 = 0,99$ ), entre +2,57 m/-29,11 m (NMM), e -1,8 m/-10,1 m (NMM), respectivamente (**Figura VI.1-67**). Embora na sondagem MIGM sejam apenas 4 as amostras datadas, elas abrangem um intervalo temporal que nos permite obter alguma informação para a lacuna de idades da sondagem MB, ajustando-se quase na perfeição ao alinhamento estabelecido pela tendência linear dos níveis de MB. Se considerarmos como representativo de MB o segmento extrapolado na regressão linear (segmento a tracejado) e compararmos com os momentos contemporâneos da sedimentação em MIGM, verifica-se que a diferença altimétrica é de cerca de 1m, mantendo-se praticamente inalterada no intervalo temporal aproximadamente entre 6300 e 3400 anos cal BP. A manutenção deste desnível na sedimentação em MB e MIGM, por um período de cerca de 3000 anos, sugere que o gradiente entre os depocentros sedimentares mais distais à linha de costa (região a montante - MIGM) e proximais à linha de costa (da sedimentação litoral - MB), deverá ter sido pequeno ( $< 1$  m) e inalterado durante esse período.

**Tabela VI.1-19A - Idades radiocarbono de materiais das sondagens MB e MIGM, da Lagoa de Melides.**

Refª Laboratório	Refª Amostra	Cota (m) (NMM)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Tipo de Material	Método	Idade $^{14}\text{C}$ convencional (anos BP)	Idade $^{14}\text{C}$ calibrada (anos cal BP)	Interval 2 $\sigma$ (anos cal BP)
Sondagem MB								
Beta - 140651	2,59-2,60	+0,27	-21,1	Sedimento orgânico	AMS	2500±30	2598±133	2730-2468
Beta - 140650	18,76-18,77	-15,97	-22,8		standard	7080±200	7947±369	8315-7578
Beta - 140649	19,33-19,34	-16,54	-23,8			7240±80	8078±203	8280-7875
Beta - 140648	22,18-22,19	-19,39	-20,1		AMS	8020±30	8893±118	9010-8775
Beta - 140647	26,635-26,645	-23,84	-23,7		standard	9260±150	10 616±459	11 075-10 157
Beta - 140646	31,90-31,91	-29,11	-27,1		AMS	10 400±200	12 116±706	12 821-11 410
Sondagem MIGM								
Beta - 169814	2,00-2,01	+1,39	-24,1	Sedimento orgânico	AMS	550±40	579±67	646-512
Beta - 169815	5,12-5,14	-1,78	-23,7			3170±40	3372±99	3470-3273
Beta - 169813	11,33-11,34	-7,94	-26,1			4790±40	5467±134	5601-5333
Beta - 171529	13,49-13,51	-10,10	-27,4		standard	5490±80	6234±214	6447-6020

**Tabela VI.1 - 19B - Idades radiocarbono convencionais enviadas pelo laboratório que foram usadas para construir o modelo de idades com o programa Clam, que determinou as idades calibradas para esses níveis das sondagens MB e MIGM, da Lagoa de Melides.**

Ref <sup>a</sup> sondagem	Ref <sup>a</sup> Laboratório	Data	Ref <sup>a</sup> amostra	Profundidade (cm)	Idades	
					<sup>14</sup> C convencional (anos BP)	Calculadas pelo Clam (anos cal BP)
MB	Beta - 140651		2,59-2,60	260	2500 ± 30	<b>2589</b>
	Beta - 140650		18,76-18,77	1877	7080 ± 200	<b>7851</b>
	Beta - 140649		19,33-19,34	1934	7240 ± 80	<b>8082</b>
	Beta - 140648		22,18-22,19	2219	8020 ± 30	<b>8893</b>
	Beta - 140647		26,635-26,645	2664,5	9260 ± 150	<b>10 495</b>
	Beta - 140646		31,90-31,91	3191	10 400 ± 200	<b>12 163</b>
MIGM	Beta - 169814		2,00-2,01	201	550 ± 40	<b>578</b>
	Beta - 169815		5,12-5,14	514	3170 ± 40	<b>3400</b>
	Beta - 169813		11,33-11,34	1134	4790 ± 40	<b>5515</b>
	Beta - 171529		13,49-13,51	1351	5490 ± 80	<b>6280</b>

Os resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  dos sedimentos analisados podem igualmente fornecer indicações sobre uma maior ou menor influência dos sistemas continental e marinho durante a deposição holocénica em MB e MIGM (**Figura VI.1-69**). Segundo GEYH & SCHLEICHER (1990), os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para matéria orgânica continental situam-se no intervalo de -35 a -20 ‰, enquanto por exemplo em sapais (ambientes de transição) podem estar compreendidos entre -16 e -9 ‰. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas sondagens MB e MIGM situam-se entre -27,4/-23,7 ‰ e -27,1/-20,1 ‰, respectivamente. Embora todos os valores se situem dentro do intervalo considerado para materiais continentais, sugerindo que o aporte terrígeno durante a evolução holocénica na região de Melides

se manteve importante, é de realçar que a variação temporal destes valores nos fornece informação pertinente para a interpretação paleoambiental (**Figuras VI.1-68, VI.1-69**). Na **Figura VI.1-69**, que mostra a projecção dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  *versus* a idade calibrada dos níveis datados, é possível comparar a assinatura isotópica da sedimentação contemporânea em MIGM e MB. Note-se que a sondagem mais distal ao sistema oceânico - MIGM (região montante) apresenta valores mais negativos que a mais proximal - MB (região a jusante), indiciando que na primeira a influência continental, mesmo nos eventos de maior influência marinha (estuarino, lagunar), sempre marcou presença importante, enquanto na segunda essa assinatura terá sido atenuada por uma maior dominância do sistema marinho.

A interpretação destes resultados deve ter em conta o reduzido número de amostras datadas, pelo que estes dados apenas devem ser utilizados para complementar ou reforçar a informação prévia obtida por análises texturais, composicionais e paleoecológicas, onde o número de amostras estudadas foi significativamente mais elevado.

Apesar desta desvantagem, a partir da evolução da assinatura isotópica, pode inferir-se a seguinte interpretação:

- Entre 12 000 e 9000 anos cal BP - crescente influência marinha (MB);
- Aos 8000 anos cal BP - ligeira inversão, com reforço da assinatura continental, embora por reduzido período;
- Entre 6500 e 3500 anos cal BP aumento da influência marinha na região, promovendo, mesmo na região mais a montante no paleovale (MIGM), o incremento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ , pelo que se infere que na região mais próxima da linha de costa (MB), embora não existam resultados para esse intervalo temporal, essa influência terá sido forçosamente mais vincada (linha a tracejado no gráfico da **Figura VI.1-69**);

Nos últimos 3500 anos cal BP - uma crescente influência do sistema continental na região mais a montante, com progradação dos depósitos fluviais, enquanto na barreira se mantém a acreção vertical desta mais próxima do sistema oceânico. O diferente posicionamento das sondagens MB e MIGM face à linha de costa continuou a conferir uma assinatura diferenciada aos materiais depositados, com os sedimentos em MB a posicionarem-se permanentemente à direita no diagrama (valores de  $\delta^{13}\text{C}$  menos negativos).

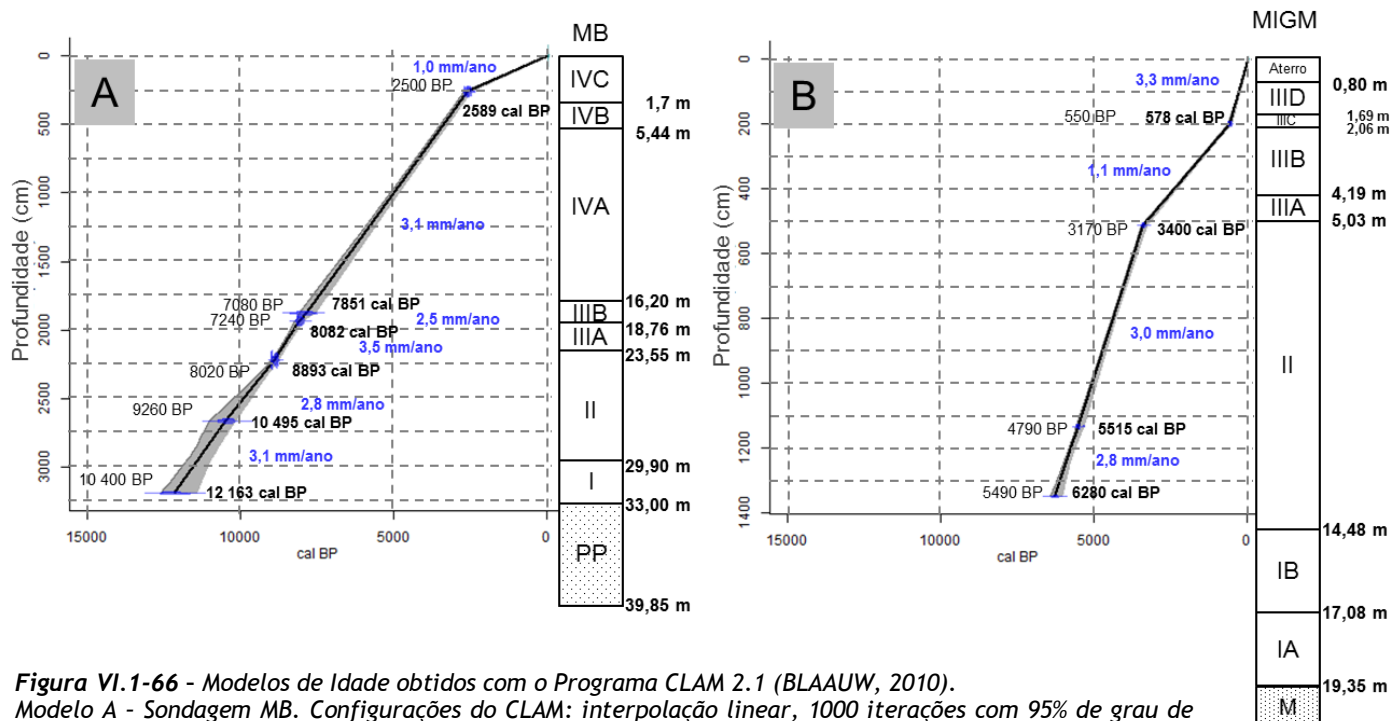


Figura VI.1-66 - Modelos de Idade obtidos com o Programa CLAM 2.1 (BLAAUW, 2010).

Modelo A - Sondagem MB. Configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano; CLAM estatísticas: 0 - 3191 cm; ajuste da curva = 7,41.

Modelo B - Sondagem MIGM. Configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano. CLAM estatísticas: 0 - 1350 cm; ajuste da curva = 6,71.

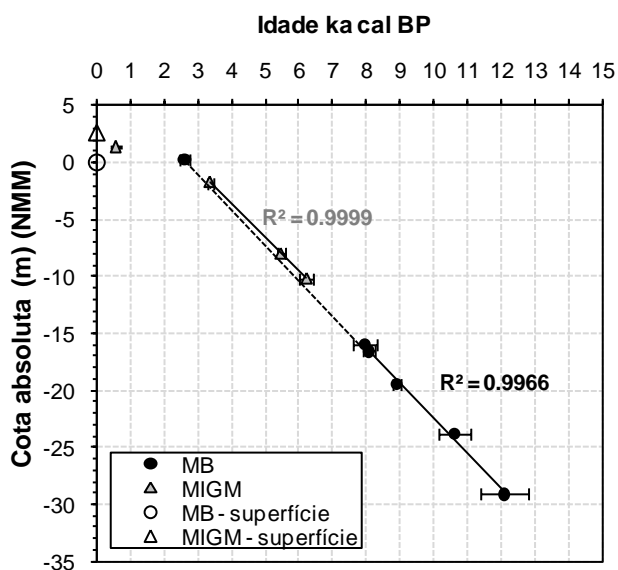


Figura VI.1-67 - Modelo de idades para as sondagens "longas" MB e MIGM da Lagoa de Melides. As barras de erro correspondem ao intervalo  $2\sigma$  possível.

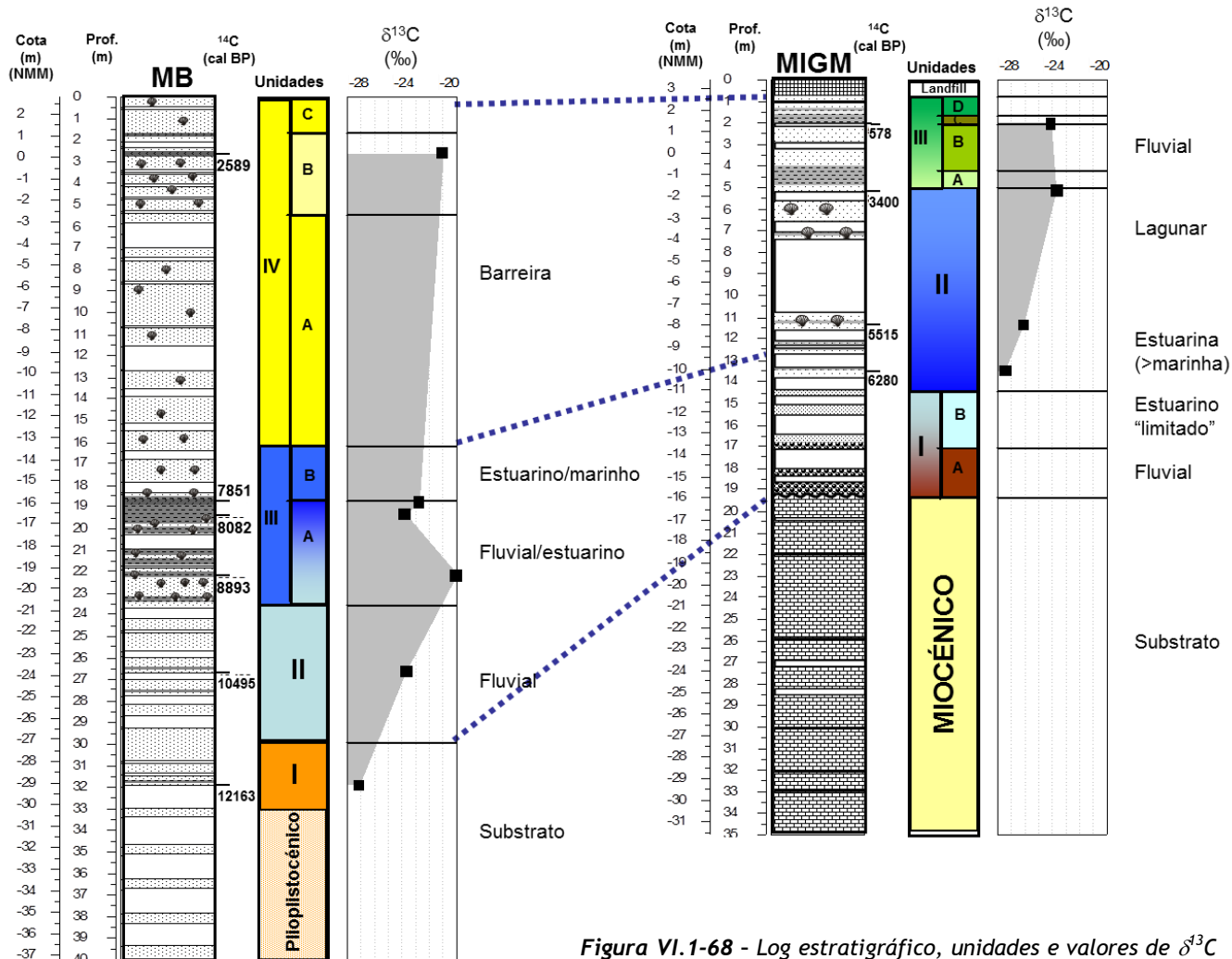


Figura VI.1-68 - Log estratigráfico, unidades e valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas duas sondagens "longas" estudadas na Lagoa de Melides: MB - Sondagem Litoral; MIGM - Sondagem Aluvial Proximal.

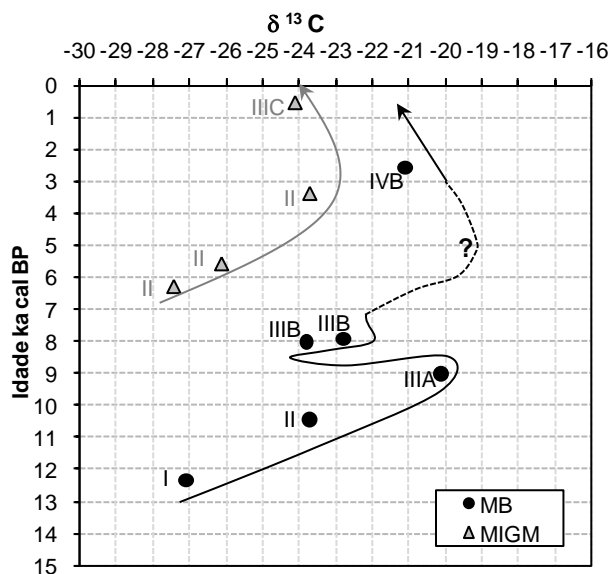


Figura VI.1-69 - Assinatura isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) das amostras datadas pelo método de  $^{14}\text{C}$  nas sondagens "longas" MB ("proximal") e MIGM ("distal") da Lagoa de Melides.



#### VI.1.1.3.4 Outras sondagens na região

Após longa pesquisa em entidades particulares (empresas de execução de sondagens) e estatais (INAG, INETI, Águas de Santo André), procedeu-se à compilação de relatórios de sondagens efectuadas na região de Melides para captação de águas ou prospecção geotécnica, tendo-se reunido dezenas de relatórios. No entanto, alguns destes têm informação incompleta não referindo, por exemplo, dados cruciais como a localização exacta da sondagem (ausência de mapa e/ou coordenadas), altimetria do local (boca de sondagem), log descritivo. Por outro lado, as que dispõem de log descritivo, apresentam uma descrição muito pobre ou por vezes confusa, descrevendo características gerais de grandes “troços” (justificável para os objectivos do trabalho que determinou a execução da sondagem) em detrimento de uma descrição de pormenor, sendo por isso insuficiente para quem realiza interpretação dos depósitos holocénicos.

Acresce ainda o facto de a maior parte das sondagens se localizar fora da várzea da ribeira de Melides e, por isso, sem utilidade imediata para a caracterização do enchimento holocénico do paleovale desta ribeira. Assim, das dezenas de sondagens efectuadas na região de Melides, foram apenas seleccionadas 12 para completar a caracterização e definição da geometria do enchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides (*Tabela VI.1-20, Figura VI.1-70*).

Na perseguição do mesmo objectivo, reuniram-se todos os dados publicados (artigos, resumos publicados em actas de congressos, teses mestrado ou inéditos) resultantes de estudos científicos de sondagens efectuadas com o propósito exclusivo de caracterizar o enchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides, utilizando-se a informação existente de 14 sondagens (*Tabela VI.1-20, Figura VI.1-70*), que se adiciona à das sondagens MB e MIGM (presente estudo).

Deve ter-se em conta que nem as primeiras 12 sondagens referidas (estudos hidrogeológicos e geotécnicos), nem as 14 últimas (estudos científicos), foram alvo de estudo multidisciplinar tão intenso como as duas sondagens MB e MIGM. No entanto, e embora em termos de indicadores estudados sejam menos diversificados, merecem referência porque completam os resultados obtidos no presente estudo, de forma a melhor caracterizar a colmatção, após o último máximo glaciário (sedimentação plisto-holocénica), do paleovale da ribeira de Melides.

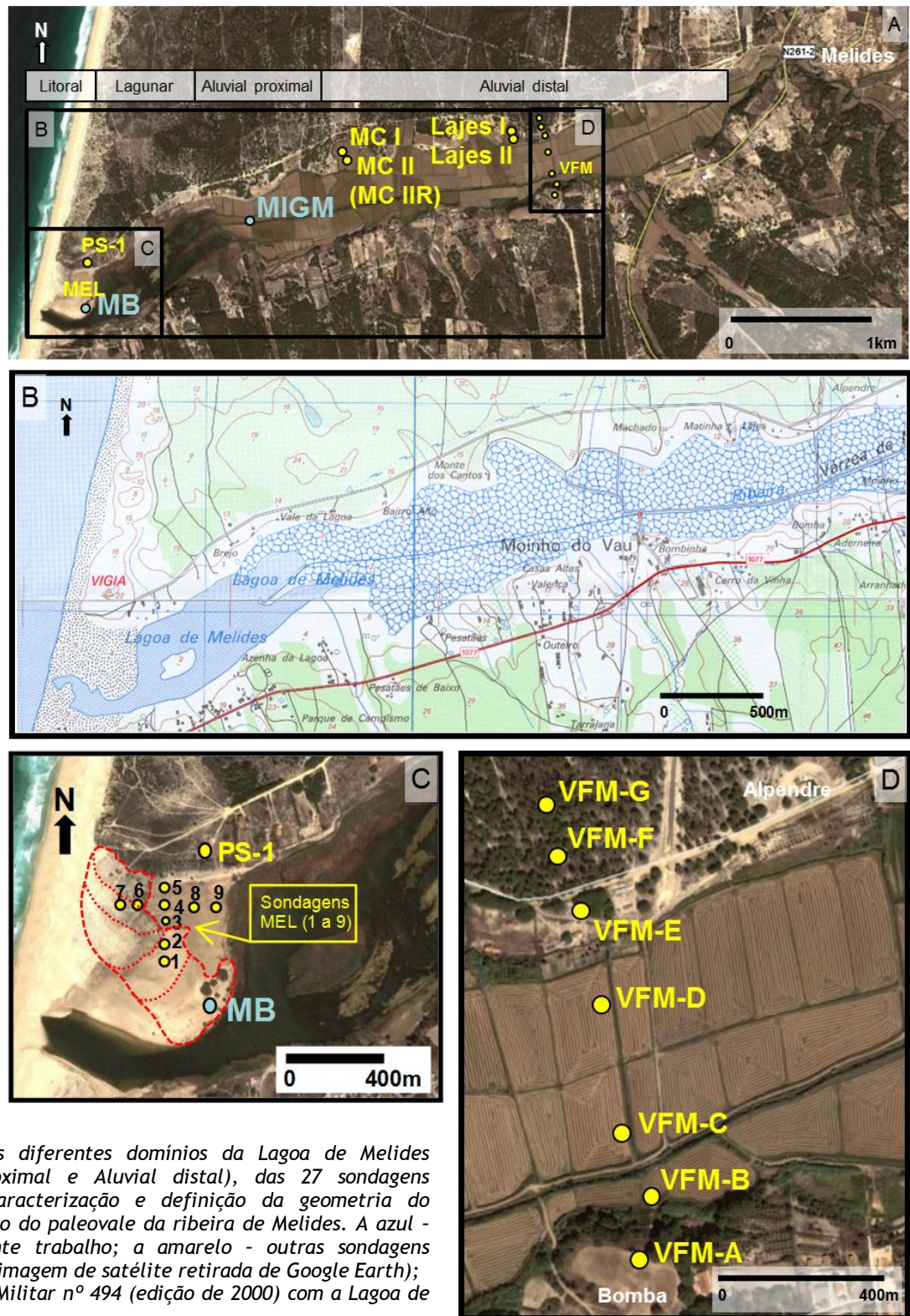
Deste modo, a caracterização e interpretação da evolução holocénica dos diferentes domínios da Lagoa de Melides, será feita com as seguintes sondagens (*Tabela VI.1-20, Figura VI.1-70*):

- Domínio “Litoral”: 11 sondagens (PS1, MEL1 a MEL9, MB);
- Domínio “aluvial proximal”: 1 sondagem (MIGM);
- Domínio “aluvial distal”: 16 sondagens (MC I, MC II, MC IIR, Lages I, Lages II, VFM-A a VFM-G, Melides 1 a Melides 4).

**Tabela VI.1-20 - Compilação de informação importante sobre as 27 sondagens utilizadas para a caracterização e definição da geometria e enchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides.**

Objectivo do estudo	Refª Original	Refª atribuída	Data da recolha	Localização	Prof. atingida (m)	Coordenadas UTM (Easting, Northing)		Cota (m) (NNM)	Tipo de análises					Referências
						M	P		Sedimentologia	Geoquímica	Palinologia	Foraminíferos	Nanoplâncton	
Evolução Holocénica (estudo científico)	MB (MB1+MB2)	MB	06-1998	Raso da barreira arenosa	MB1 = 5,90 MB2 = 39,85	n.r.	n.r.	MB1 = 2,86 MB2 = 2,80	X	X		X	X	Presente estudo
	MIGM	MIGM	23-06 a 05-7-1998	Várzea da Lagoa de Melides	33,72	n.r.	n.r.	3,39	X	X		X	X	SANTOS (1999)
	Monte dos Cantos I	MC I	12-01-1993		3,65	144.28507	130.70587	4,58	X		X		4	
	Monte dos Cantos II	MC II	12-01-1993		4,90	n.r.	n.r.	n.r.						
	Monte dos Cantos II (repetição)	MC IIR	02-02-1993		5,23	n.r.	n.r.	n.r.	X				8	
	Lajes I	Lajes I	12-01-1993		3,75	n.r.	n.r.	n.r.	sondagens de prospeção apenas para descrição do enchimento do paleovale, sem amostras tratadas em laboratório					FRETAS (dados inéditos)
	Lajes II	Lajes II	12-01-1993		5,55	n.r.	n.r.	n.r.						
	MEL1	MEL1	01-07-1992	Região nascente da restinga da região vestibular da Lagoa de Melides	4,00	n.r.	n.r.	3,38	X					FREITAS et al. (2002)
	MEL2	MEL2	01-07-1992		4,55			3,54	X					
	MEL3	MEL3	01-07-1992		5,50			3,13	X		X		X	
	MEL4	MEL4	01-07-1992		4,95			3,12	X				X	
	MEL5	MEL5	02-07-1992		2,90			3,62	X					
	MEL6	MEL6	02-07-1992		4,99			3,543	X					
	MEL7	MEL7	02-07-1992		4,90			4,209	X					
	MEL8	MEL8	03-07-1992		5,25			3,277	X					
	MEL9	MEL9	03-07-1992		4,55			2,272	X					
Prospeção para construção de um viaduto ferroviário	A	VFM-A	06-02 a 07-05-1976	vertente S vale da Ribª de Melides	12,90	145.79545	130.39990	23,59						TEXEIRA DUARTE (1976)
	B	VFM-B		Várzea da Lagoa de Melides	17,25	145.81436	130.48443	9,17						
	C	VFM-C			26,55	145.77195	130.54864	8,60						
	D	VFM-D			19,20	145.75316	130.71461	8,90						
	E	VFM-E			23,95	145.73972	130.81855	16,14						
	F	VFM-F			29,21	145.70880	130.87881	25,20						
	G	VFM-G			33,90	145.70900	130.94432	25,89						
Captação de água	PS-1	PS-1	10-1994 e 02-1995 ?	Proximo da margem N da Lagoa	104,00	142.74000	130.06000	15,00						PERSOADA (1995)
Prospeção para passagem do oleoduto	Melides nº 1	Melides 1	10-04-1996	Várzea da Ribeira de Melides	20,00	sem localização especificada mas devendo coincidir com o alinhamento das sondagens VFM-A a VFM-G (ver acima esta tabela)		n.r.						AGRIPOL (1996)
	Melides nº 2	Melides 2	13-04-1996		20,00			n.r.						
	Melides nº 3	Melides 3	16-04-1996		20,00			n.r.						
	Melides nº 4	Melides 4	18-04-1996		20,00			n.r.						

n.r. - não referido



**Figura VI.1-70 -**

A - Localização, nos diferentes domínios da Lagoa de Melides (Litoral, Aluvial proximal e Aluvial distal), das 27 sondagens utilizadas para a caracterização e definição da geometria do enchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides. A azul - sondagens do presente trabalho; a amarelo - outras sondagens existentes na região (imagem de satélite retirada de Google Earth); B - excerto da Carta Militar nº 494 (edição de 2000) com a Lagoa de Melides;

C - localização das sondagens na região mais a jusante (barreira da laguna), assinalando-se a vermelho o contorno da paleorestinga;

D - localização das sondagens na região mais a montante (VFM-A a VFM-G; Melides-1 a Melides-4, encontram-se no mesmo alinhamento das sondagens VFM mas sem localização definida, ver texto para explicação) (ver Tabela VI.1-20 para mais informações).

### **A) Domínio Litoral (PS1, MEL1 a MEL9, MB)**

A sondagem PS1, localizada na margem norte da região vestibular da Lagoa de Melides, que atravessou 104 m de materiais sedimentares, atingiu substrato rochoso (calcário amarelado, provavelmente jurássico ou miocénico, a informação descritiva é insuficiente) a 12 m de profundidade. Ao substrato sobrepõem-se 6 m de “areias médias a grosseiras, margosas acinzentadas”, que se encontram depois cobertas por 3 m de areias finas acinzentadas. Embora a descrição do relatório seja muito pobre, descrevendo grandes troços, parecem estar ausentes depósitos lagunares lodosos/orgânicos, pelo que se depreende que esta sondagem se encontra num local já muito marginal à laguna e que deverá ter atravessado depósitos essencialmente eólicos pertencentes a estruturas dunares antigas existentes imediatamente a norte da Lagoa de Melides e possivelmente também plioplístocénico (ver Capítulo IV - Enquadramento).

As 9 sondagens MEL1 a MEL9 encontram-se posicionadas na actual barreira arenosa que isola a laguna, em plena zona de transição entre o meio lagunar e o oceânico, e próximas da sondagem MB (**Figura VI.1-70C**). Estas encontram-se dispostas ao longo de dois perfis, perpendiculares entre si (perfil S-N: MEL1/2/3/4/5; perfil W-E: MEL7/6/4/8/9), tendo a sondagem MEL4 como ponto central comum. No entanto, é importante realçar que as sondagens MEL1, MEL2, MEL6 e MEL7 se encontram em cima de uma morfologia interpretada como uma paleorestinga (embora actualmente com contribuição sedimentar por processos eólicos ou de galgamento oceânico), estando as duas primeiras mais próximas do actual canal de escoamento. As restantes sondagens (MEL3, MEL4, MEL5, MEL8, MEL9) encontram-se mais a sotamar, numa zona topograficamente mais baixa, aplanada, correspondendo actualmente ao raso de barreira (“backbarrier”).

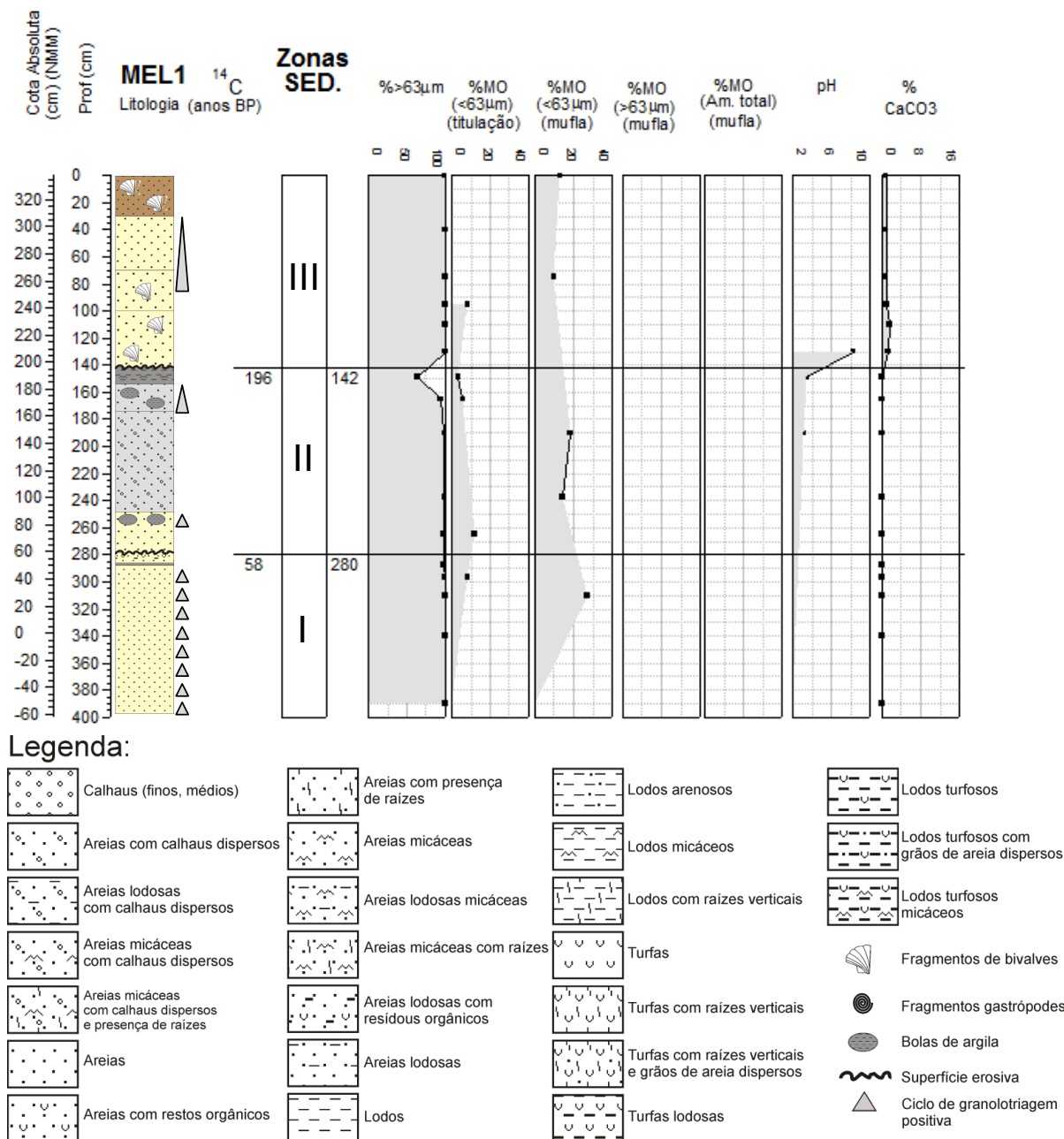
Os materiais destas sondagens foram no passado (FREITAS *et al.*, 2002b) descritos macroscopicamente e alvo de estudo sedimentológico (análises texturais e composicionais) e isotópico (datações de  $^{14}\text{C}$ ), constituindo a informação de base que os autores utilizaram na definição de unidades sedimentológicas; estabeleciam igualmente comparações com outras sondagens nas imediações (ex: sondagem MB, FREITAS *et al.*, 2002b). Esta informação e ainda avaliações pontuais do conteúdo paleoecológico (MEL3 e MEL4 - nanoplâncton calcário - Professor Doutor Mário Cachão; MEL3 - foraminíferos - Professor Doutor Alejandro Cearreta), permite uma reavaliação na definição e interpretação das unidades e subunidades anteriormente definidas. Foram utilizadas as 10 sondagens disponíveis nesta área para a interpretação da evolução holocénica tardia (pós 5000 cal BP) da barreira da Lagoa de Melides.

Os resultados das 9 sondagens MEL, permitiram definir 3 unidades principais (I, II, III - **Figuras VI.1-71 a VI.1-78**). Estas apresentam espessuras diferentes nas diversas sondagens (**Tabela VI.1-21**), bem como variações laterais de fácies como consequência do seu diferente posicionamento na barreira arenosa. Esta variação lateral de fácies é notória (**Figuras VI.1-79 a VI.1-81**) igualmente no registo da sedimentação actual, o que dificulta a definição das unidades sedimentológicas que podem apresentar sedimentação contemporânea com características muito diferentes. Num sistema lagunar de reduzidas dimensões, como é o caso da Lagoa de Melides, pode encontrar-se sedimentação lodosa/turfosa a poucos metros de sedimentação essencialmente arenosa, por exemplo do canal de maré ou mesmo de depósitos de galgamento. Pelo exposto,



se depreende que a definição de unidades será facilitada aquando da existência de uma única sondagem e será mais complexa quando se estabelece comparação entre várias sondagens.

De seguida procede-se à descrição, da base para o topo, das características de cada unidade/sub-unidade baseada nos valores encontrados nas 9 sondagens (**Figuras VI.1-71 a VI.1-78**).



**Figura VI.1-71** - Log estratigráfico, datações de <sup>14</sup>C, unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL1 efectuada na barreira da Lagoa de Melides. São apresentados quatro gráficos para o teor de matéria orgânica, embora alguns sem resultados analíticos, pois a determinação deste parâmetro não foi realizada sempre na mesma fracção nem com o mesmo método. Legenda do log estratigráfico; a cor no log estratigráfico indica a coloração aproximada dos sedimentos observados.

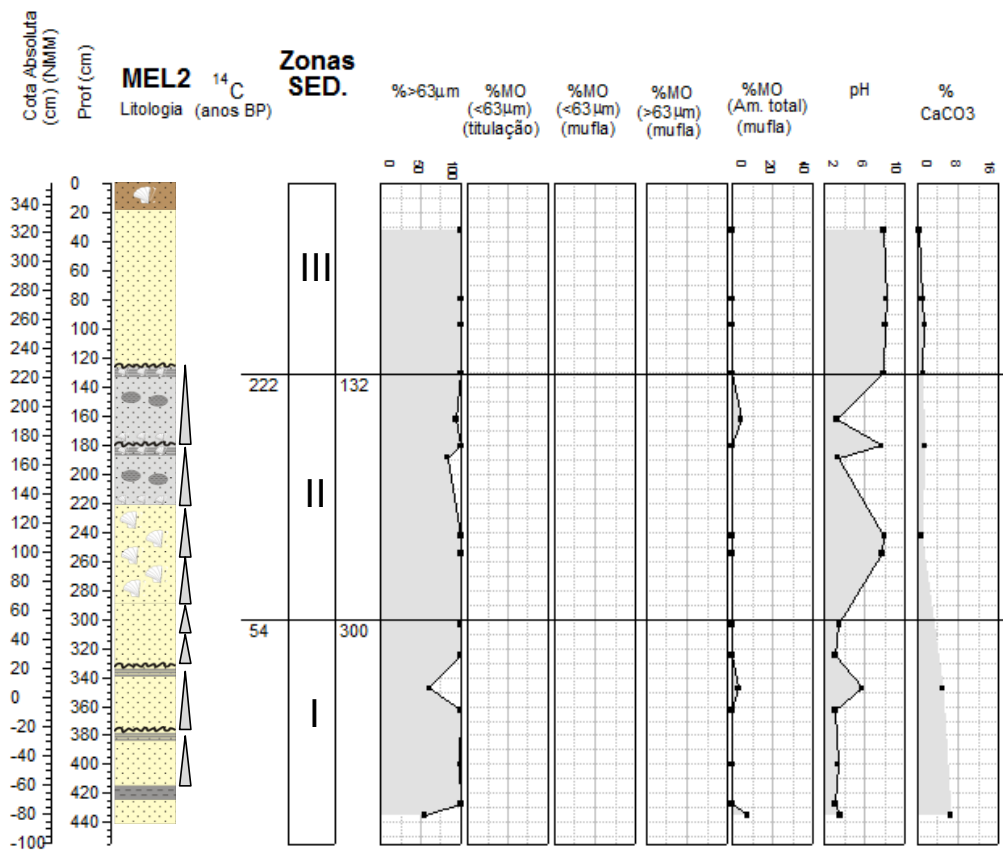


Figura VI.1-72 - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL2 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).

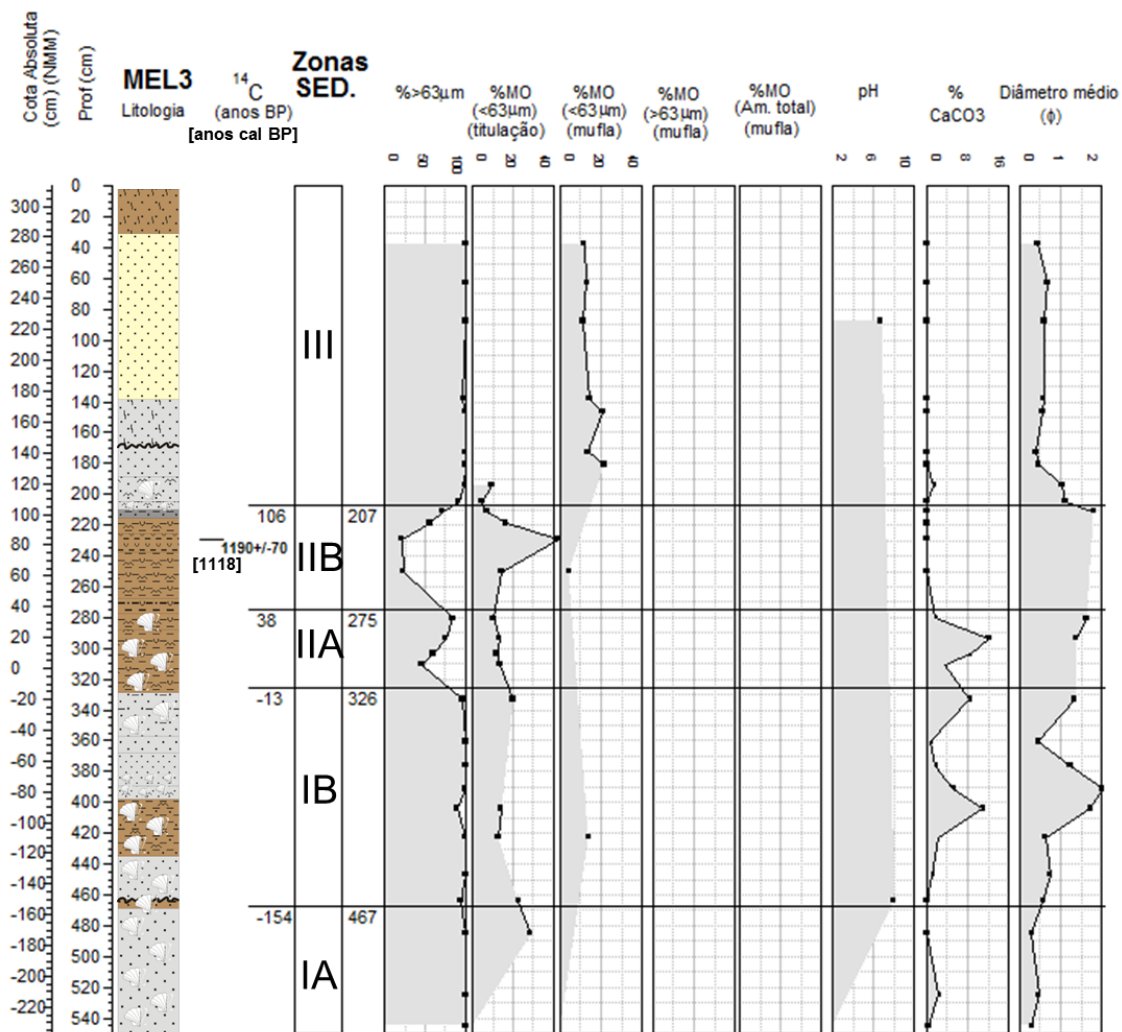
Tabela VI.1 - 21 - Espessuras (cm) das unidades/sub-unidades definidas nas sondagens MEL, efectuadas no domínio Litoral - barreira arenosa - da Lagoa de Melides.

Unidades	MEL1	MEL2	MEL3		MEL4		MEL5	MEL6		MEL7	MEL8		MEL9	
III	142	132	207		216		240		292	351	215		110	
IIB	138	168	129	68	164	64	50	38	16	7	138	70	170	52
IIA				51		100	-		22			68		118
IB	132	155	224	141	115	115	-		169	132	172	117	175	100
IA				83		-	-		-			55		75

Unidade I (Espessura máxima observada: 2,24 m - MEL3)

A unidade I corresponde a uma sequência de sedimentos essencialmente arenosos acinzentados que por vezes alternam com níveis de areias vasosas de coloração mais acastanhada. Nesta unidade é evidente, em algumas sondagens, a ocorrência de um “nível marcador” onde a sedimentação é mais fina e orgânica, a partir da qual os sedimentos enriquecem em componente biogénica carbonatada, e adquirem características um pouco diferentes da sedimentação que antecede esse nível, correspondentes a uma alteração das

condições no meio de deposição. Deste modo, justifica-se a subdivisão desta unidade em duas sub-unidades (IA, IB), tendo início a sub-unidade IB no “nível marcador”.



**Figura VI.1-73** - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL3 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).

**Sub-unidade IA (Espessura máxima observada: 0,83 m - MEL3)**

A sub-unidade basal IA, atingida apenas em três sondagens (MEL3, MEL8 e MEL9 - **Figuras VI.1-73, VI.1-77, VI.1-78**) corresponde a uma sedimentação essencialmente arenosa grosseira, subalcalina, com teores nulos ou muito baixos de carbonato de Ca e de matéria orgânica. No entanto, junto do contacto com a sub-unidade IB os sedimentos enriquecem em componente orgânica, que se concentra principalmente na fracção fina do sedimento.

**Sub-unidade IB (Espessura máxima observada: 1,69 m - MEL6)**

Esta sub-unidade inicia-se com a acumulação de sedimentos mais finos e orgânicos (“nível marcador”), com expressão máxima aproximadamente de 20 cm na sondagem MEL6. Nas sondagens onde este



depósito é mais espesso (MEL3, MEL4, MEL6) encontra-se associada importante contribuição de bioclastos carbonatados, enquanto nas sondagens mais marginais MEL8 e MEL9 esta assinatura carbonatada deixa de estar presente, não obstante a natureza orgânica do sedimento. Segue-se a este nível uma sedimentação de areias e areias pouco vasosas, médias a grosseiras, por vezes hiperácidas, mas que vão enriquecendo em componente carbonatada para o topo, o que lhes confere aí valores de pH mais elevados. O estudo do conteúdo em nanoplâncton calcário indica que é nesta unidade que são encontradas as maiores concentrações destes indicadores paleoambientais de afinidade marinha, principalmente associados aos níveis de textura menos arenosa. É importante realçar que a presença destes bioindicadores fica comprometida no registo geológico se o ambiente de deposição se caracterizar por um elevado hidrodinamismo e/ou se o pH do sedimento for ácido, conduzindo à não preservação destas partículas de natureza carbonatada. Deste modo, a deposição de nanoplâncton calcário é inibida em níveis de textura mais grosseira (arenosos), ficando os sedimentos empobrecidos nestas partículas, comparativamente com a sedimentação contemporânea que se registe num local de menor hidrodinamismo (sedimentos lodosos).

Nas sondagens MEL1 e MEL2 (localizadas mais a sul), próximas do actual canal de maré, a sedimentação contemporânea das sub-unidades IA e IB revela características diferentes, e embora essencialmente arenosa, é quase totalmente desprovida de componente bioclástica, apresentando-se maioritariamente com características hiperácidas. No entanto, o factor que mais distingue a sedimentação neste local comparativamente com a região mais a norte é o seu carácter mais grosseiro e a ocorrência de sedimentação ritmada, marcada pela presença de vários ciclos de granotriagem positiva, terminando alguns deles em lâminas milimétricas de lodo. Em alguns destes ciclos, é ainda notória a presença de pequenas bolas de argila misturadas com a areia (lodo remobilizado juntamente com a areia em eventos de maior hidrodinamismo). Todas estas características da região mais meridional parecem indicar que esta zona seria marginal e estaria próximo do canal de escoamento e que estes ciclos serão consequência de eventos cíclicos associados ao canal de maré ou às suas imediações, como por exemplo, eventos de galgamento do cordão em épocas de temporal. As lâminas de lodo corresponderiam a períodos prolongados de ausência de comunicação entre a laguna e o mar, quando o hidrodinamismo se reduz no meio lagunar e se promove a deposição de materiais mais finos, aos quais se associa matéria orgânica produzida *in situ*.

#### **Unidade II (Espessura máxima observada: 1,70 m - MEL9)**

A unidade II corresponde a uma sequência sedimentar de características essencialmente lodosas/turfosas, rica em matéria orgânica, com espessura variável, com um máximo de 2,03 m observado nas posições mais a nascente (MEL8) e reduzindo-se a 7 cm na zona mais a poente (MEL7 - **Figura VI.1-80**) ou mesmo desaparecendo na região mais a sul (MEL1 e MEL2 **Figura VI.1-79**). A variação do teor de carbonato de Ca e a presença de matéria orgânica na fracção mais grosseira do sedimento, serviram de critério para a subdivisão desta unidade em dois segmentos de características bem distintas.

**Sub-unidade IIA (Espessura máxima observada: 1,18 m - MEL9)**

A sub-unidade basal IIA, apresenta um predomínio de sedimentação vaso-arenosa e areno-vasosa, de cor acinzentada ou acastanhada, que alterna, por vezes, com níveis de areias médias a grosseiras. Está presente importante componente bioclástica carbonatada, que chega a atingir os teores registados na sub-unidade IB, o que contribui para as suas características maioritariamente subalcalinas. Embora se denote um acréscimo no teor de matéria orgânica, comparativamente com a sub-unidade IB, esta continua a ser mais abundante na fracção fina dos sedimentos.

A avaliação do conteúdo paleoecológico revela que o nanoplâncton calcário é muito raro ou está mesmo ausente, enquanto no grupo dos foraminíferos a espécie *H. germanica* é dominante (99%) sendo acompanhada por *A. beccari*. Esta associação é reveladora de condições muito restritas em meio com baixa salinidade.

**Sub-unidade IIB (Espessura máxima observada: 0,70 m - MEL8)**

A sedimentação regista aqui um importante acréscimo de partículas finas, passando a dominar as vasas pouco arenosas e as vasas arenosas. Os materiais enriquecem em matéria orgânica, passando a estar presente também na fracção grosseira do sedimento, principalmente como consequência do aparecimento de alguns níveis mais turfosos. A componente biogénica carbonatada está ausente deste depósito e em consequência os sedimentos readquirem características maioritariamente hiperácidas.

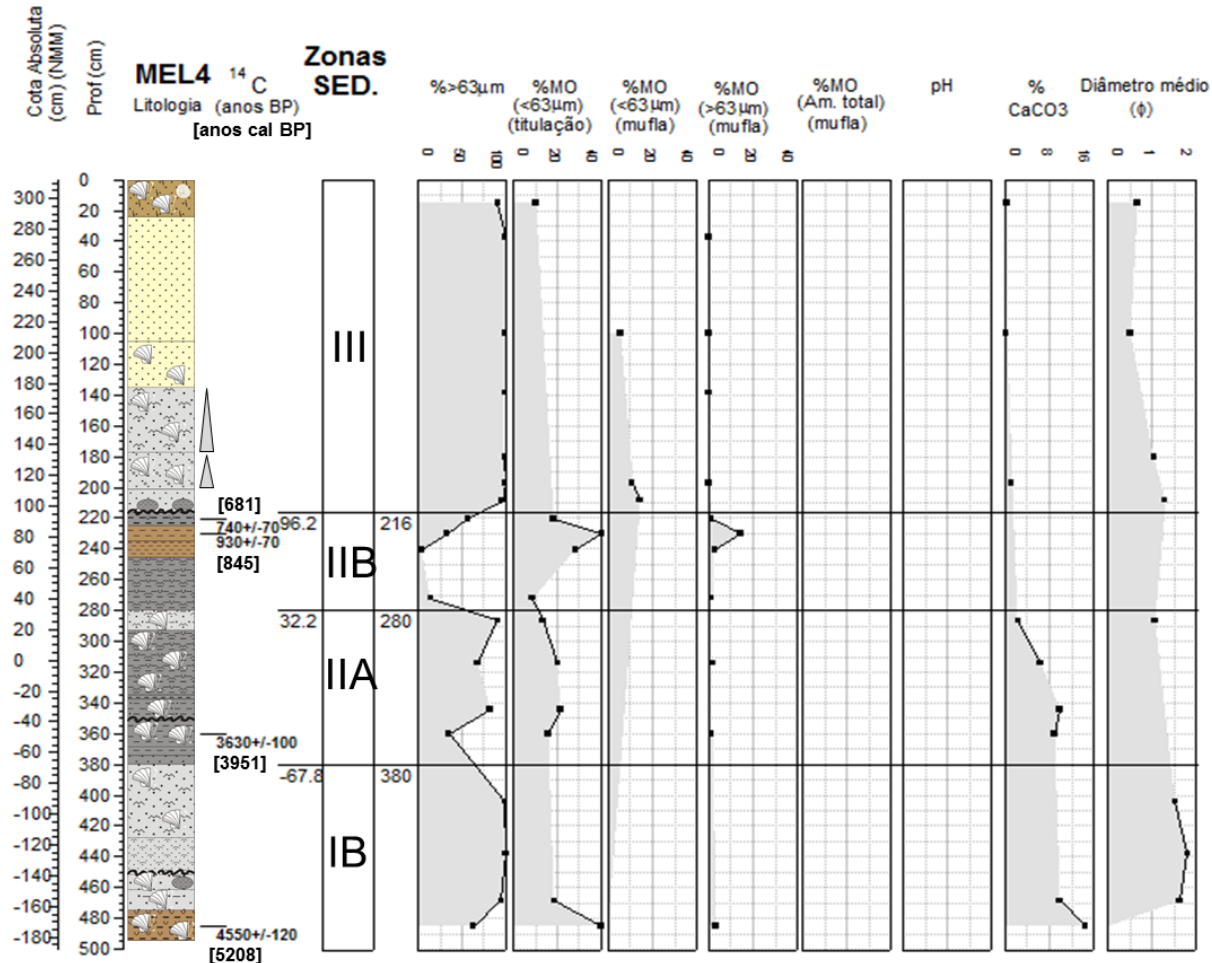
Nesta sub-unidade o registo paleoecológico permanece igual ao da sub-unidade anterior para o nanoplâncton calcário, sendo muito raro ou estando este mesmo ausente na maior parte do sedimento. No entanto, a presença de foraminíferos diminui acentuadamente, revelando-se a maior parte das amostras azóicas e na sedimentação onde se regista a sua presença esta, embora diminuta (3 carapaças de *T. inflata*), é típica de ambiente com forte componente orgânica (sapal). Estes resultados apontam para um maior confinamento associado a um aumento da produção orgânica (menor coluna de água - concordante com longos períodos de barra fechada).

**Unidade III (Espessura máxima observada: 3,51 m - MEL7)**

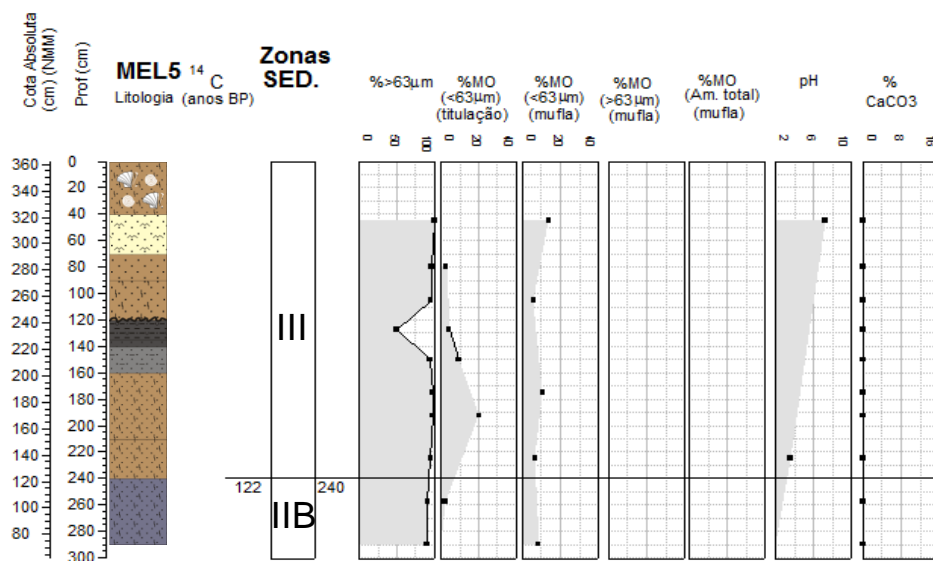
A unidade III corresponde a uma sequência de sedimentos essencialmente arenosos, grosseiros, desprovidos ou com baixos teores de matéria orgânica, concentrando-se esta exclusivamente na reduzida fracção <63 µm. Estas areias são maioritariamente quártzicas, apresentando baixo ou nulo teor de carbonato de Ca (< 2 %). É junto à superfície topográfica, onde os sedimentos adquirem coloração acastanhada, que se regista a maior concentração de resíduos biogénicos carbonatados, como fragmentos de conchas de bivalves, mas nas sondagens cuja superfície topográfica se posiciona a cotas mais elevadas (MEL5 e MEL7) adicionam-se a este conteúdo conchas de gastrópodes, entre eles os do género *Helix* (gastrópode continental). Relativamente ao pH, este é muito diversificado, apresentando os sedimentos características subalcalinas a hiperácidas. No entanto, a distribuição espacial destes valores revela que os sedimentos das sondagens mais a

nascente (mais próximas do actual espaço lagunar e topograficamente mais baixas) têm características hiperácidas a subácidas.

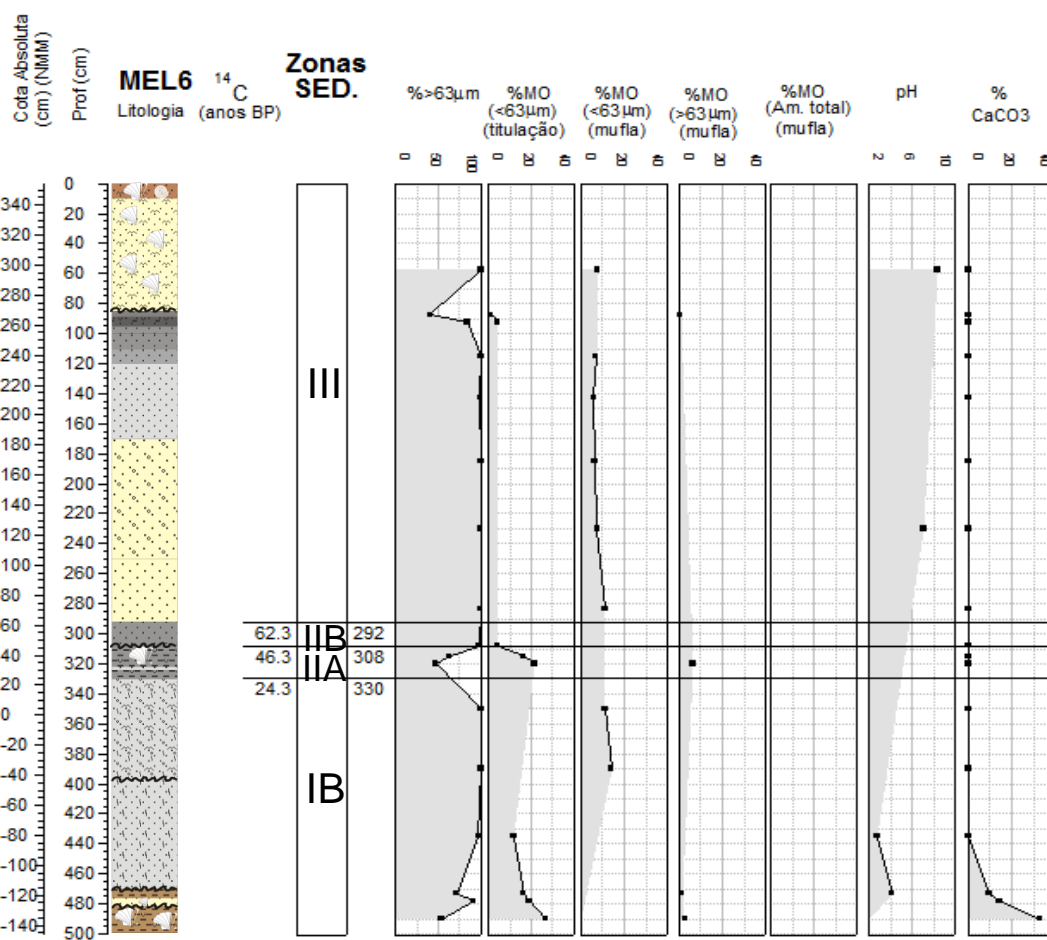
A avaliação do conteúdo paleoecológico revela que esta unidade é maioritariamente azóica e nos níveis em que se detectam vestígios estes estão mal preservados (dissociados/fragmentados), sugerindo ambiente não propício ao desenvolvimento/preservação destas comunidades.



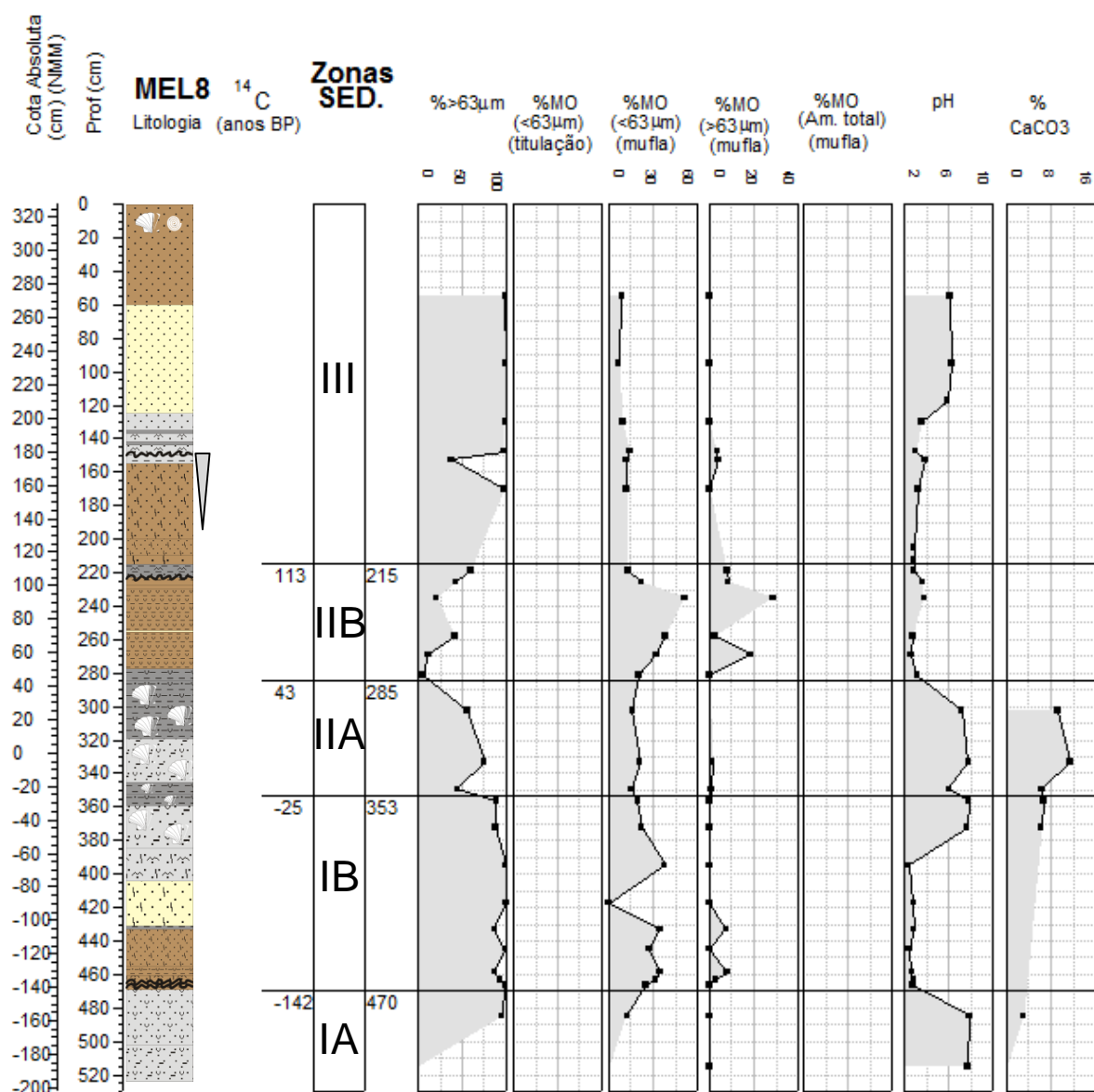
**Figura VI.1-74** - Log estratigráfico, datações de <sup>14</sup>C, unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL4 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).



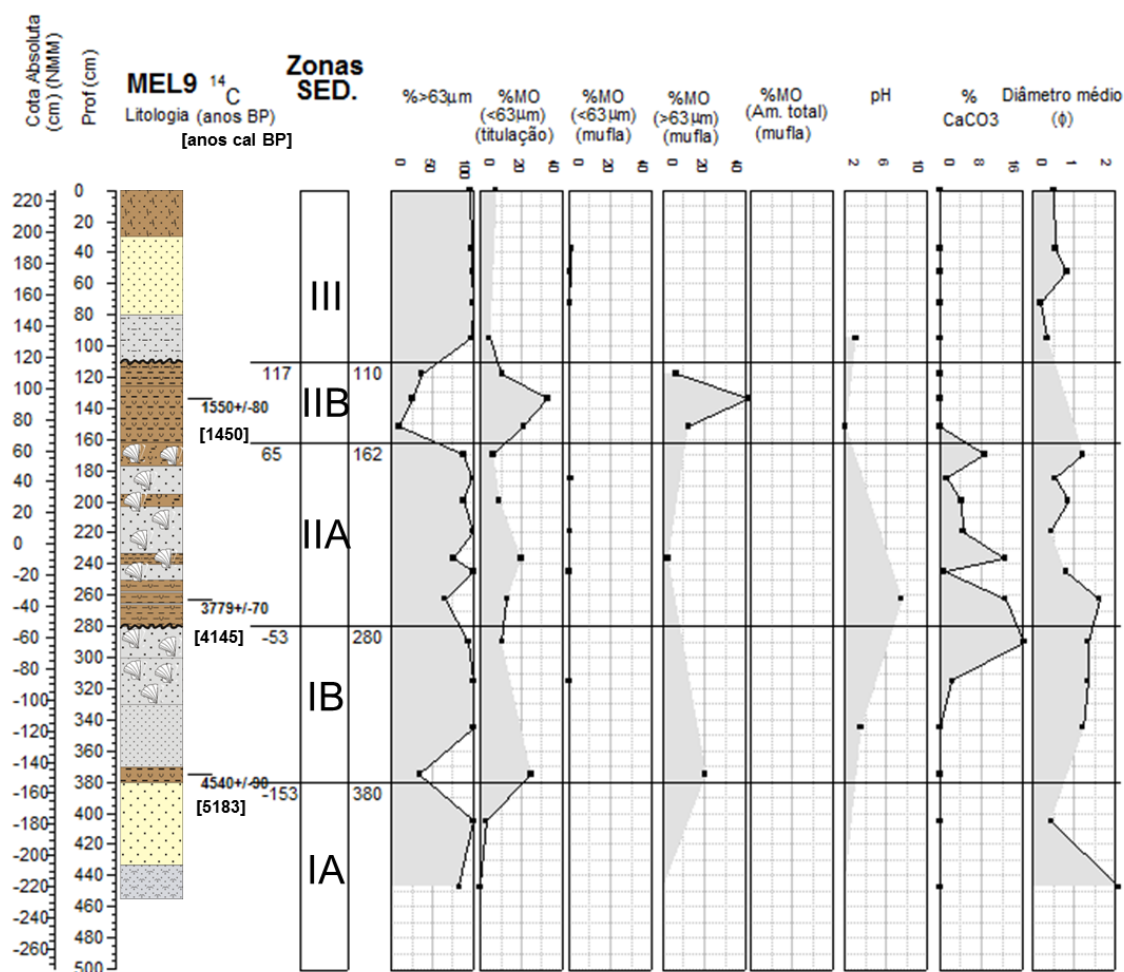
**Figura VI.1-75** - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL5 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-61).



**Figura VI.1-76** - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL6 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).

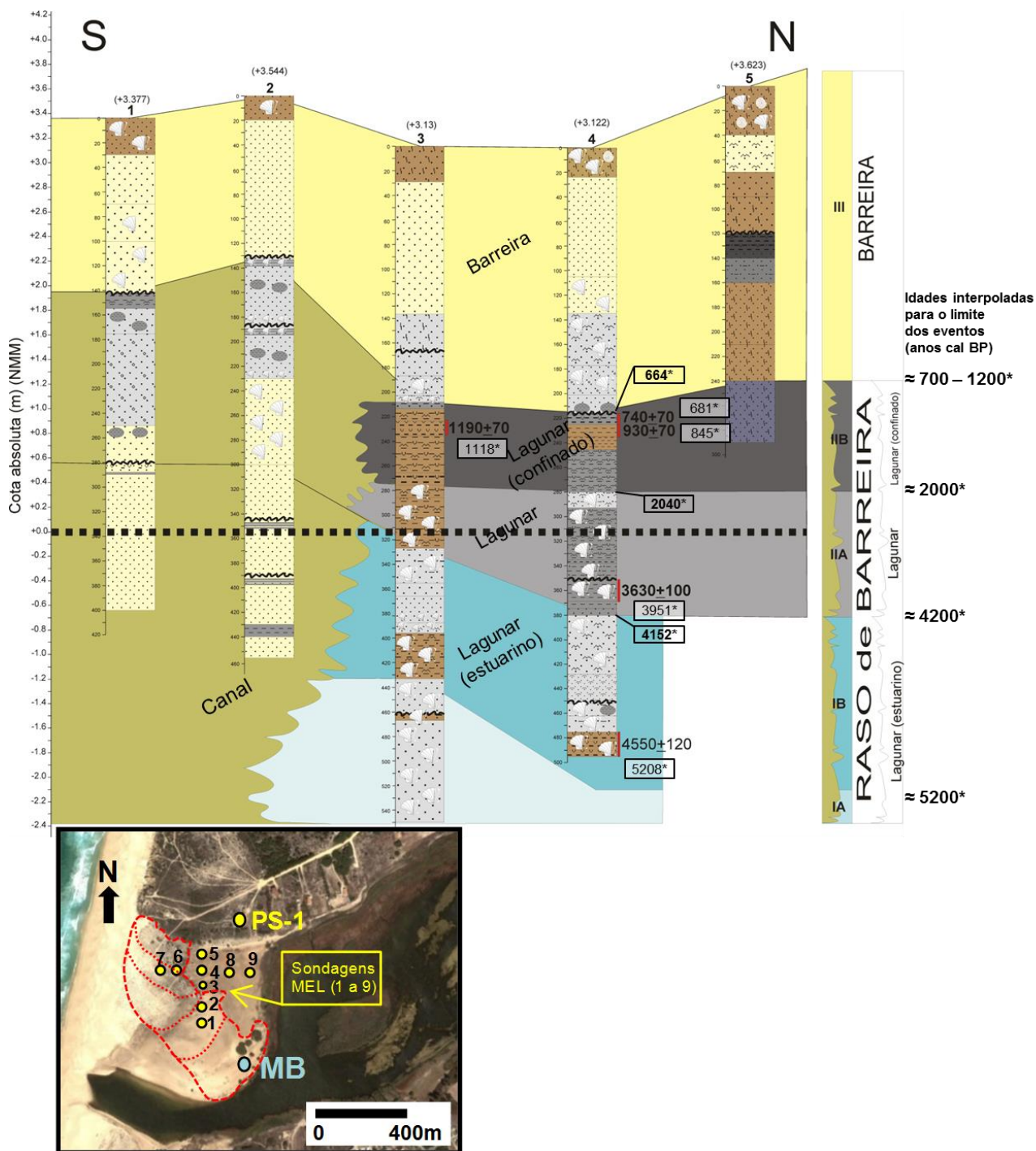


**Figura VI.1-77** Log estratigráfico, datações de <sup>14</sup>C, unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL8 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).



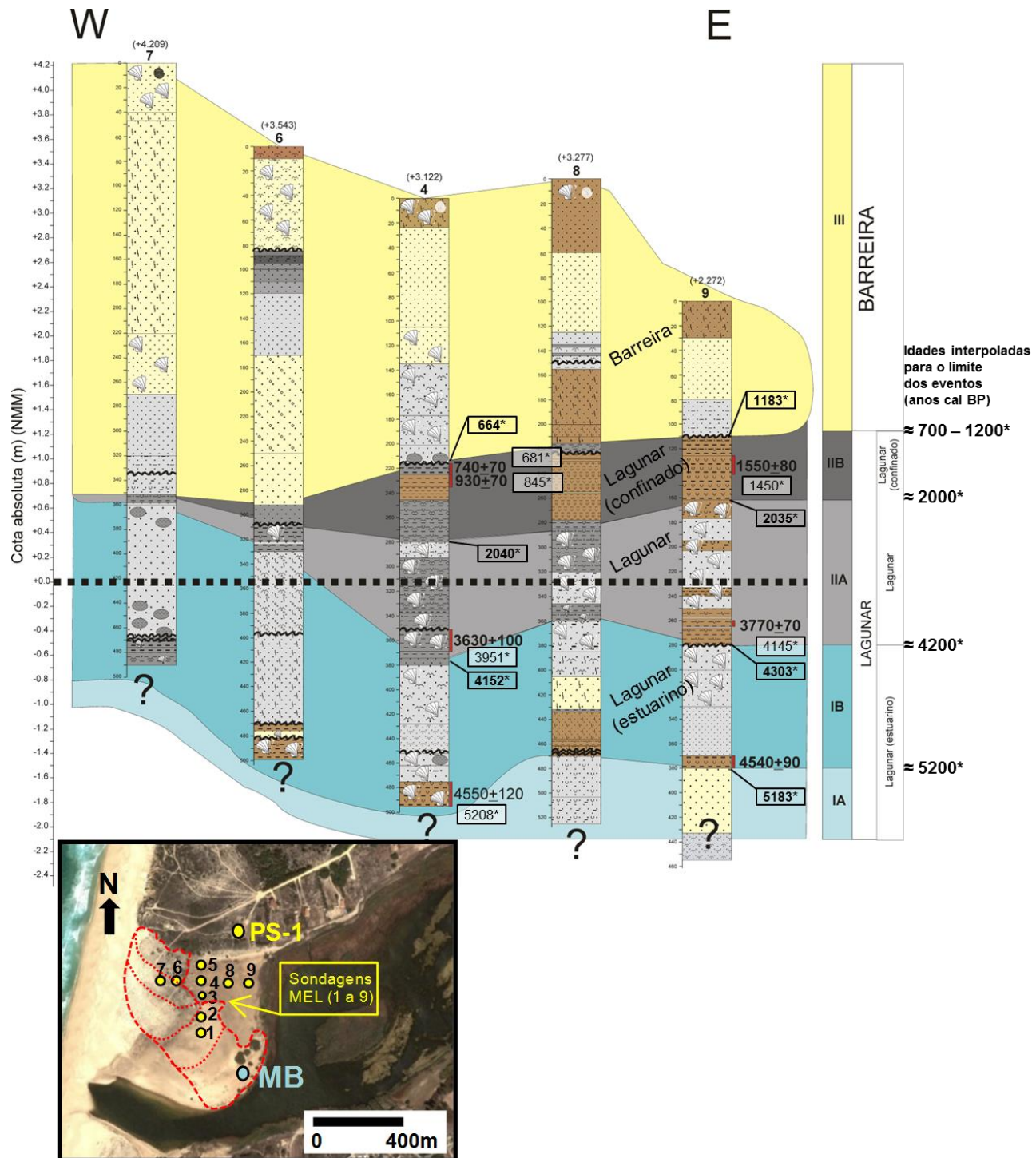
**Figura VI.1-78** - Log estratigráfico, datações de <sup>14</sup>C, unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais da sondagem MEL9 efectuada na barreira da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-71).





**Figura VI.1-79 - Interpretação do perfil de sondagens do alinhamento S-N (domínio litoral).** À direita representa-se em coluna as diferentes unidades/sub-unidades identificadas com a respectiva interpretação paleoambiental. Em baixo mostra-se a localização das sondagens na barreira arenosa. Apresentam-se as idades radiocarbono em anos BP ( $\pm$  incerteza) e em anos cal BP (assinaladas com \*); estas para os limites das unidades foram interpoladas pelo Programa Clam.





**Figura VI.1-80** - Interpretação do perfil de sondagens do alinhamento E-W (domínio litoral). À direita representa-se em coluna as diferentes unidades/sub-unidades identificadas com a respectiva interpretação paleoambiental. Em baixo mostra-se a localização das sondagens na barreira arenosa. Apresentam-se as idades radiocarbono em anos BP (+ incerteza) e em anos cal BP (assinaladas com \*); estas para os limites das unidades foram interpoladas pelo Programa Clam.

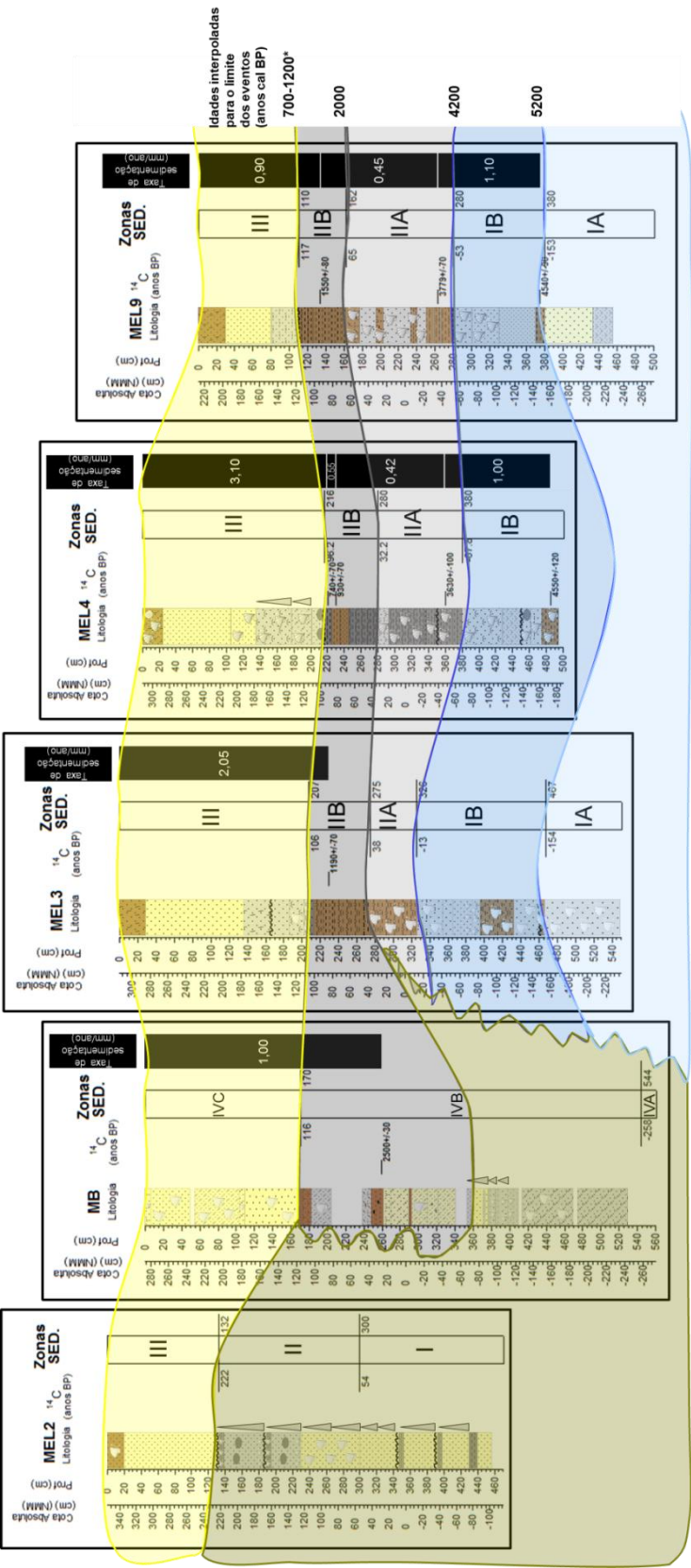


Figura VI.1-81 - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e taxas de sedimentação das sondagens MEL e MB no domínio litoral da Lagoa de Melides. À direita da imagem apresentam-se as idades de  $^{14}\text{C}$  calculadas (cal anos BP) para o início de cada evento.

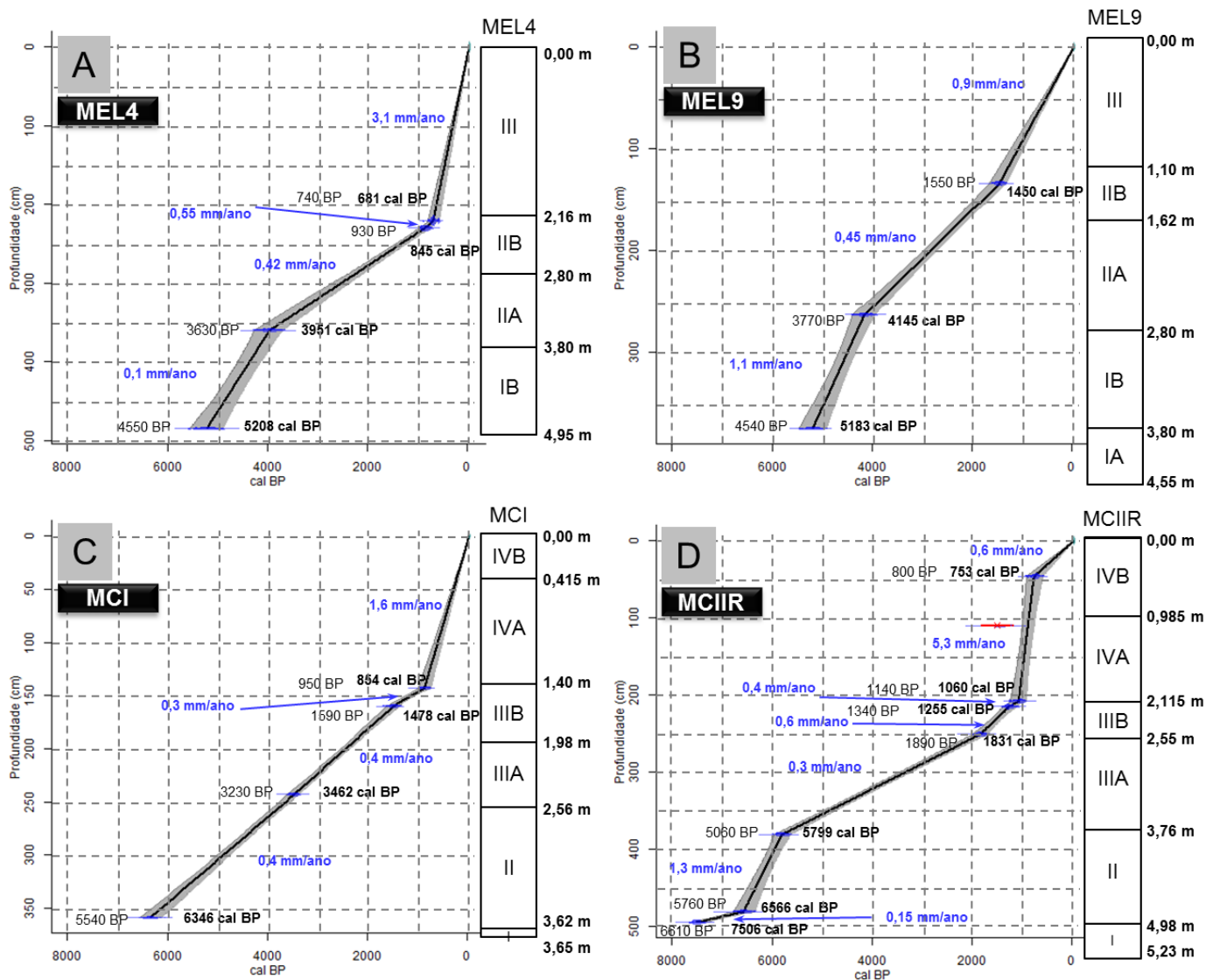
Nestas nove sondagens foram determinadas idades de radiocarbono dos sedimentos orgânicos, em 8 níveis (1 em MEL3; 4 em MEL4; 3 em MEL9) (**Tabela VI.1-22**). Os resultados analíticos (idades radiocarbono convencionais) foram utilizados para construir o MODELO DE IDADES utilizando o Programa CLAM versão 2.1 (BLAAUW, 2010) tal como já referido para as sondagens MB e MIGM, obtendo-se as idades em cal BP (**Tabela VI.1-22**). Estas idades foram utilizadas para determinar as taxas de sedimentação. O Modelo (por definição do operador), gerou idades interpoladas para cada centímetro com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade.

**Tabela VI.1 - 22 - Idades radiocarbono de materiais das sondagens MEL3, MEL4, MEL9, MC I, MC IIR efectuadas na Lagoa de Melides.**

Sondagem	Refª Laboratório	Tipo de material	Refª amostra	Profundidade (m)			Cota (m) (NMM)	Idade <sup>14</sup> C convencional (anos BP)	Interval 2σ (anos cal BP)	Calculadas pelo Clam (anos cal BP)
				min.	Máx.	média				
<b>MEL3</b>	Beta - 61253	Sedimento	2,23-2,35	22.23	2.35	12.29	0,84	<b>1190±70</b>	1268-968	<b>1118*</b>
<b>MEL4</b>	Beta - 61251	Sedimento	2,16-2,25	2.16	2.25	2.21	0,92	<b>740±70</b>	793-552	<b>681</b>
	Beta - 59127	sedimentos vasoso orgânico	2,25-2,35	2.25	2.35	2.30	0,82	<b>930±70</b>	960-699	<b>845</b>
	Beta - 61252	Sedimento	3,51-3,69	3.51	3.69	3.60	-0,48	<b>3630±100</b>	4238-3649	<b>3951</b>
	Beta - 59126	sedimentos vasoso orgânico	4,75-4,95	4.75	4.95	4.85	-1,73	<b>4550±120</b>	5576-4870	<b>5208</b>
<b>MEL9</b>	Beta - 59125	sedimentos vasoso orgânico	1,26-1,41	1.26	1.41	1.34	0,94	<b>1550±80</b>	1606-1301	<b>1450</b>
	Beta - 61254	Sedimento	2,60-2,65	2.60	2.65	2.63	-0,35	<b>3770±70</b>	4407-3932	<b>4145</b>
	Beta - 59124	Vasa Orgânica	3,70-3,80	3.70	3.80	3.75	-1,48	<b>4540±90</b>	5466-4881	<b>5183</b>
<b>MC I</b>	Beta - 70721	Sedimento orgânico	1,40-1,46	1.40	1.46	1.43	+3,15	<b>950±70</b>	1045-699	<b>854</b>
	Beta - 74510	Turfa	1,575-1,63	1.58	1.63	1.60	+2,98	<b>1590±60</b>	1613-1348	<b>1478</b>
	Beta - 74511	Sedimento orgânico	2,40-2,45	2.40	2.45	2.43	+2,16	<b>3230±60</b>	3611-3346	<b>3462</b>
	Beta - 70722	Turfa	3,57-3,61	3.57	3.61	3.59	+0,99	<b>5540±100</b>	6598-6021	<b>6346</b>
<b>MC IIR</b>	Beta - 61256	Sedimento	0,39-0,53	0.39	0.53	0.46	n.r	<b>800±90</b>	922-564	<b>753</b>
	Beta - 61257	Sedimento	1,00-1,19	1.00	1.19	1.10	n.r	<b>1550±140</b>	1811-1182	<b>1497*</b>
	Beta - 61255	Sedimento	2,05-2,10	2.05	2.10	2.08	n.r	<b>1140±80</b>	1261-927	<b>1060</b>
	Beta - 61258	Sedimento orgânico	2,115-2,185	2.12	2.19	2.15	n.r	<b>1340±80</b>	1384-1069	<b>1255</b>
	Beta - 61259	Sedimento	2,47-2,55	2.47	2.55	2.51	n.r	<b>1890+70</b>	1993-1629	<b>1831</b>
	Beta - 61260	Turfa	3,75-3,865	3.75	3.87	3.81	n.r	<b>5060+80</b>	5982-5611	<b>5799</b>
	Beta - 61261	Turfa	4,78-4,84	4.78	4.84	4.81	n.r	<b>5760+100</b>	6781-6318	<b>6566</b>
	Beta - 61262	Sedimento	4,92-4,98	4.92	4.98	4.95	n.r	<b>6610+100</b>	7660-7323	<b>7506</b>

n.r - não referido; \* idade calibrada calculada pelo programa Calib 7.02.

Os Modelos de Idade elaborados pelo programa Clam para as sondagens MEL4 e MEL9 foram completados com informação das idades e do log estratigráfico e apresentam-se na **Figuras VI.1-82A e VI.1-82B**, tendo permitido enquadrar cronologicamente a evolução paleoambiental da barreira arenosa que isola a laguna de Melides e estabelecer ritmos de sedimentação.



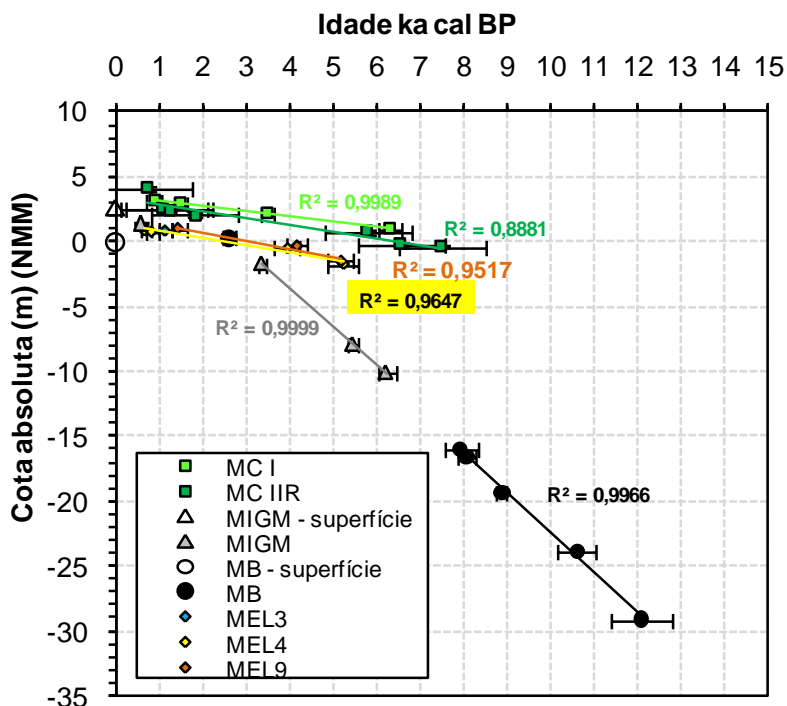
É importante dizer que, em sequências com alternâncias entre sedimentação essencialmente vasosa com eventos de natureza francamente arenosa, se torna arriscado determinar as taxas de sedimentação, uma vez que um evento arenoso pode corresponder a uma deposição ocorrida em poucas horas, por exemplo



durante uma tempestade com galgamentos da barreira arenosa. No entanto, é tentadora a sua determinação, quando se dispõem de várias datações radiocarbono. Nas **Figura VI.1-82A** e **VI.1-82B**, mostram-se para cada segmento entre um par de datações, os valores da taxa de sedimentação determinada partir das idades calibradas fornecidas pelo programa Clam. Não obstante a cautela que se deve ter com a utilização destes resultados, pode sempre reflectir-se nos números agora apresentados para as sequências MEL4 e MEL9, principalmente para os períodos associados à deposição de sedimentos de natureza mais vasosa ou turfosa, por corresponderem, à partida, a um ritmo de sedimentação mais lento e continuado.

Os dois modelos abrangem a sedimentação das unidades IB, IIA, IIB, e III e mostram o mesmo tipo de andamento durante a sedimentação do tipo lagunar (declives idênticos para os mesmos segmentos). Esta sedimentação está presente há cerca de 5000 anos cal BP e acumula-se a um ritmo idêntico nos dois locais (MEL4 e MEL9) de 1 mm/ano, até que há cerca de 4000-4200 anos cal BP, quando se assiste ao início de uma sedimentação de carácter mais lagunar, a taxa de sedimentação aumenta para valores de 0,42 a 0,55 mm/ano (unidades IIA e IIB). Esta sedimentação é interrompida mais cedo em MEL9 há cerca de 1400 anos cal BP e mais tarde em MEL2, há 680 anos, quando a agradação vertical da barreira arenosa atinge aqueles pontos, cobrindo os antigos depósitos vasoso-turfosos do antigo fundo lagunar. Note-se que embora o recobrimento dos lodos lagunares tenha ocorrido mais tardiamente em MEL2, o depósito arenoso da barreira é hoje aí mais espesso, reflectindo uma taxa de acumulação mais importante nesse local.

A projecção das idades de radiocarbono em função da cota absoluta das amostras analisadas - MODELO DE IDADES - para as sondagens MEL3, MEL4 e MEL9 (**Figura VI.1-83**) foi comparada com os dados das sondagens “longas” MB e MIGM.



**Figura VI.1-83** - Modelo de Idades das sondagens do domínio Litoral (MB, MEL3, MEL4, MEL9), do domínio Aluvial Proximal (MIGM) e Aluvial Distal (MC I).

As sondagens MEL contêm informação aproximadamente para os últimos 4500 anos BP (5200 anos cal BP - **Tabela VI.1-19**), reportando-se a um período onde só existe uma datação na sondagem MB (2500+30 anos BP - **Tabela VI.1-22**). Esta última datação insere-se na linha de tendência

(correlação linear) dos dados das sondagens MEL, indicando que há cerca de 2500 anos a sedimentação no local da barreira da laguna de Melides se depositava aproximadamente à cota do actual nível médio do mar. No entanto, se compararmos o declive das rectas dos dados mais recentes (sondagens MEL e MB) com o da recta que liga os dados mais antigos de MB (**Figura VI.1-83**), verifica-se um maior declive nas datações mais antigas, como reflexo de uma maior taxa de sedimentação contemporânea do período entre os 12 000 e os 6000 anos BP. Note-se que este acentuado declive não se regista nas sondagens MEL após os 6000 anos cal BP (aqui muito mais suave - consequência de uma menor taxa de sedimentação). Esta diminuição acentuada no declive após os 6000 anos BP está de acordo com o encontrado por outros autores em diferentes espaços estuarinos (Tejo, Sado, Guadiana) do território continental (ver Capítulo III - ponto III.4).

No que diz respeito à evolução paleoambiental, o posicionamento destas sondagens MEL ao longo de dois perfis com orientação N-S (**Figura VI.1-79**) e E-W (**Figura VI.1-80**), que se interceptam, permitiu perceber a estrutura interna da barreira, confinada a nascente pelo meio lagunar, e a sua evolução morfológica, possibilitando avaliar a sua estabilidade nos últimos 4500 anos BP (5200 anos cal BP - Holocénico recente). A estes dados somam-se os obtidos na sondagem “longa” MB posicionada a sul de MEL1 e que contém o registo holocénico completo.

Pelos resultados da sondagem MB sabe-se que o paleovale da ribeira de Melides foi inundado pela transgressão holocénica, tendo sido a influência marinha máxima no local desta sondagem entre os 7200-7000 anos BP ( $\approx$ 8100-7900 cal BP), correspondendo em MB ao final da unidade IIIA e à unidade IIIB. Posteriormente, assiste-se à instalação de uma barreira arenosa que bloqueou a saída da ribeira de Melides e que terá certamente ocorrido antes dos 4500 anos BP (entre os 8100 - 5200 anos cal BP), pois nas sondagens MEL1 a MEL9 são detectados lodos lagunares (unidade IB) com cerca de 4500 anos BP, pelo que o confinamento do ambiente de sedimentação e em consequência a génese da laguna será obrigatoriamente anterior a esta data. Não obstante o confinamento e a passagem para uma sedimentação em ambiente lagunar, é durante a deposição da sub-unidade IB, nas sondagens MEL (5200 aos 4200 cal BP) que se detecta a maior influência marinha no ambiente lagunar, ocorrendo a sedimentação a um ritmo de aproximadamente 1,0 mm/ano (**Figura VI.1-82**). Contemporaneamente, nas sondagens MEL1, MEL2 e MB as características dos materiais sugerem uma deposição associada a uma zona próxima do canal de maré (ou cicatriz do canal de maré ou raso de barreira), ficando preservados sucessivos eventos de granulotriagem positiva, como deposição ritmada de galgamentos oceânicos da barreira (**Figuras VI.1-79, VI.1-81**).

Há cerca de 4200 anos cal BP assistiu-se provavelmente a um robustecimento da barreira arenosa, que poderá ter promovido maiores períodos de ausência de comunicação entre a laguna e o mar, o que induziu o aumento da coluna de água no espaço lagunar, a diminuição do hidrodinamismo que terá possibilitado a sedimentação de materiais texturalmente mais finos (lodos orgânicos lagunares - sub-unidade IIA) a um ritmo inferior ao da unidade anterior, registando-se taxas de sedimentação entre 0,4-0,6 mm/ano (MEL4, MEL-9 - **Figura VI.1-82**). No entanto, as trocas com as águas oceânicas terão sido ainda importantes para manter as características do hidrossoma salobras para permitir o desenvolvimento de organismos de carapaça

carbonatada (bioclastos). Cerca de 2200 anos mais tarde (há 2000 anos cal BP) assiste-se a um aumento do grau de confinamento e a uma terrestrialização do sistema (sub-unidade IIB) - hidrossoma de características mais doces e menor coluna de água. Efectivamente, a unidade II começa por revelar características lodosas onde a contribuição bioclástica é importante (sub-unidade IIA - trocas oceano-laguna mais frequentes) mas há cerca de 2000 anos cal BP a sedimentação adquire um importante carácter turfoso, hiperácido, sem vestígios de componente bioclástica carbonatada (sub-unidade IIB), características que se mantêm até há cerca de 700 anos cal BP (MEL4), o que sugere uma diminuição importante da coluna de água mas manutenção permanente de um ambiente de paludificação (sedimentação essencialmente turfosa - terrestrialização - **Tabela VI.1-23**). Para esta modificação apresentam-se quatro hipóteses: 1) maior contribuição do sistema fluvial, ou seja volume hídrico suficientemente importante para manter em permanência (ou por longos períodos) a barra activa, em consequência reduz-se a espessura da coluna de água e passamos a ter sedimentação marginal em ambiente de paludificação; 2) menor disponibilidade sedimentar para manter a barreira robusta e com barra encerrada; 3) menor contribuição do sistema fluvial e de precipitação directa (clima mais árido), conduzindo a reduzidas espessuras da coluna de água; 4) o crescimento de restinga, de norte para sul, que promove o confinamento de uma zona contigua ao raso de barreira . A unidade II não é contínua lateralmente, diminuindo de espessura para oeste (em MEL7 apenas 7cm de espessura em contraste com os 2,03m em MEL8) e desaparecendo para sul onde passa para areias de canal ou de barreira (MEL1, MEL2, MB).

Há aproximadamente 1000 anos BP (**Figuras VI.1-79, VI.1-80, VI.2-81**), aos antigos depósitos lagunares (unidade II) sobrepõe-se uma sedimentação arenosa (unidade III) que corresponderá a uma retrogradação da barreira ou, mais provavelmente, a um robustecimento da barreira com depósitos de galgamento (“washovers”). No perfil E-W é notório o avanço deste depósito para nascente sobre o antigo espaço lagunar, reduzindo-se aí a espessura desta unidade a 1,10 m (MEL-9), em contraste com os 3,51 m a poente (MEL-7). Actualmente, a superfície deste depósito é muito raramente galgada por ondas (temporais), sendo os fenómenos eólicos os principais responsáveis pelo reduzido movimento dos sedimentos. Embora a acreção vertical deste depósito se efectue certamente por episódios descontínuos associados a épocas de maior dinamismo (temporais), determinou-se uma taxa de sedimentação média entre 0,9 e 3 mm/ano, estando os valores mínimos associados às sondagens posicionadas mais próximo do plano de água lagunar (MB e MEL9), enquanto os mais elevados estão associados a posições mais a W (MEL3 e MEL4). Estas taxas de sedimentação excedem todos os valores encontrados nas unidades anteriores (2 a 6 vezes superiores). A acreção vertical deste corpo arenoso coloca a sua zona apical topograficamente elevada e longe da influência das frequentes inundações lagunares após períodos de forte precipitação quando se acumula no interior lagunar importante volume hídrico. Efectivamente, encontram-se já evidências de uma certa pedogenização, incluindo um ligeiro aumento de matéria orgânica responsável pela coloração acastanhada do topo deste depósito. Do mesmo modo, a presença de conchas de gastrópodes do género *Helix* (gastrópodes continentais) atesta uma evolução do depósito cada vez mais em ambiente terrígeno.



## **B) Domínio Aluvial Proximal (MIGM)**

Neste domínio existe apenas a sondagem MIGM, já anteriormente descrita e interpretada.

## **C) Domínio Aluvial Distal (MC, Lages, VFM, Melides)**

Para a interpretação paleoambiental deste segmento aluvial distal da laguna de Melides vão utilizar-se 16 sondagens (MC I, MC II, MC IIR, Lages I, Lages II, VFM-A a VFM-G, Melides 1 a Melides 4) (**Figura VI.1-70**), que se agruparam em dois conjuntos diferentes: um primeiro conjunto localizado mais próximo da margem da planície aluvial (MC I, MC II, MC IIR, Lages I, Lages II - **Figura VI.1-70A**), onde não se atingem profundidades superiores a 5,5 m, e um segundo conjunto posicionado ao longo de um perfil transversal (orientação NNW-SSW) ao vale (VFM-A a VFM-G, Melides 1 a Melides 4 - **Figura VI.1-70D**), onde se atingem profundidades entre 12,9 e 33,9 m.

As sondagens do primeiro grupo - MC (I, II e IIR) e Lages (I e II) - encontram-se a cerca de 2,5 km e 3,7 km, respectivamente da embocadura lagunar, e embora localizadas em plena planície aluvial, estão numa posição muito marginal ao eixo do talvegue da ribeira de Melides. Efectivamente, encontram-se em pequenas reentrâncias na margem norte da planície (pequenos vales: Monte dos Cantos e Lages) subsidiárias do vale principal, pelo que o registo geológico poderá reflectir essa posição mais descentrada do paleovale da ribeira de Melides. As sondagens do segundo conjunto atravessam todo o enchimento holocénico, atingindo o substrato pliocénico/miocénico e pelo facto de algumas se encontrarem já posicionadas fora da planície aluvial consegue definir-se a geometria do depósito que colmatou o paleovale da ribeira de Melides, após a última glaciação.

Pelas razões expostas, optou-se por apresentar os resultados dos dois conjuntos em separado, iniciando-se com as sondagens MC. Os resultados da sondagem MC I, foram já apresentados e discutidos por SANTOS (1999), no âmbito de uma tese de Mestrado com enfoque na palinologia, tendo a autora definido unidades sedimentológicas e zonas polínicas. Os dados analíticos da autora, principalmente os sedimentológicos, são agora reinterpretados, apresentando-se novas unidades sedimentares. Os resultados da análise laboratorial sedimentológica das restantes sondagens (MC II, MC IIR, Lages I, Lages II) inéditos, foram gentilmente cedidos pela Professora Conceição Freitas, constituindo a base para a actual definição de unidades e sub-unidades. Para a discussão, adicionaram-se ainda datações isotópicas de  $^{14}\text{C}$  (existentes para MC I e MC IIR), que permitiram enquadrar cronologicamente os diferentes eventos paleoambientais identificados. A sondagem MC IIR corresponde a uma réplica da MC II (prospecção), na qual foi efectuado o estudo sedimentológico. Neste primeiro grupo de sondagens é apenas na sondagem MC I, que se dispõe de uma caracterização paleoecológica (estudo polínico).

### ▪ Sondagens MC I, MC II e MC IIR

Os resultados sedimentológicos das sondagens MC I e MC IIR, permitiram a definição de cinco eventos de sedimentação, com espessuras diferentes em cada sondagem (**Figura VI.1-84**). Estas sequências sedimentares correspondem principalmente a uma sedimentação turfosa e/ou vasosa que assenta em substrato arenoso (unidade I). Toda a sequência se caracteriza por ser desprovida de carbonatos. De seguida descrevem-se as unidades da base para o topo:

#### Unidade I (Espessura máxima observada: MC I - 0,03 m, MC IIR - 0,25 m)

MC I: de 3,65 a 3,62 m; MC IIR: de 5,23 a 4,98 m

Corresponde ao substrato sobre o qual se deposita a sequência essencialmente orgânica (turfas/lodos), sendo constituído por areias lavadas, médias, moderadamente bem calibradas, sem matéria orgânica.

#### Unidade II (Espessura máxima observada: MC I - 1,06 m, MC IIR - 1,22 m)

MC I: de 3,62 a 2,56 m; MC IIR: de 4,98 a 3,76 m

Esta unidade corresponde a uma sedimentação essencialmente turfosa, alternando, por vezes, com lodos turfosos, revelando uma coloração acastanhada. Identificam-se resíduos muito grosseiros orgânicos como caules, fibras orgânicas, fragmentos de madeira incarbonizados, ramos, o que confere ao depósito teores muito elevados de matéria orgânica, com percentagens superiores a 23 % na fracção “fina” e 40 % na fracção “grosseira”, chegando a atingir máximos de 91 e 88 %, respectivamente. A diversidade dimensional das partículas que constituem esta unidade classifica-a como sendo constituída maioritariamente por alternâncias de areias vasosas, vasas arenosas e vasas pouco arenosas. No entanto, a fracção > 63 µm é praticamente composta por resíduos vegetais grosseiros.

Na sondagem MC IIR a transição desta unidade para a seguinte é marcada por uma superfície erosiva, pelo que o topo desta unidade está truncado, enquanto em MC I não parece evidente nenhum hiato sedimentar.

#### Unidade III (Espessura máxima observada: MC I - 1,16 m, MC IIR - 1,65 m)

As características desta unidade contrastam com as da unidade anterior por esta se revelar texturalmente mais fina e com teores de matéria orgânica que embora sejam elevados, são de forma geral, mais baixos. A variação deste último parâmetro justifica a subdivisão em duas sub-unidades, registando-se um aumento dos teores de matéria orgânica para o topo da unidade.

**Sub-unidade IIIA (Espessura máxima observada: MC I - 0,58 m, MC IIR - 1,21 m)**

**MC I: de 2,56 a 1,98 m; MC IIR: de 3,76 a 2,55 m**

Os materiais desta unidade correspondem maioritariamente a vasas arenosas a pouco arenosas, acinzentadas, texturalmente mais “finas” para o topo. Na sondagem MC IIR a sedimentação inicia-se após uma superfície erosiva onde são evidentes lenticulas centimétricas de areias lavadas, brancas, mal calibradas. Na metade inferior desta unidade, esta sedimentação essencialmente lodosa é interrompida, por um episódio de características mais orgânicas (vasa muito turfosa, com fibras, sementes e pequenos fragmentos de carvão) que se deposita após um pequeno evento de características mais arenosas (nível centimétrico). Este episódio orgânico tem maior expressão na sondagem MC IIR, onde atinge 27 cm de espessura, reduzindo-se a 6 cm na MC I (aqui também este ocorre após uma lenticula mais arenosa). Exceptuando este evento de cariz mais orgânico, onde se registam teores elevados de matéria orgânica (57 % e 62 % na fracção <63 e >63 µm, respectivamente), a sedimentação vasosa caracteriza-se por teores de MO que, na sua maioria, não ultrapassam em ambas as fracções os 10%.

**Sub-unidade IIIB (Espessura máxima observada: 0,58 m - MC I, 0,44 m - MC IIR)**

**MC I: de 1,98 a 1,40 m; MC IIR: de 2,55 a 2,12 m**

Corresponde a uma sedimentação de lodos turfosos e turfas lodosas, de coloração desde castanho claro e escuro a negro, texturalmente correspondendo principalmente a vasas pouco arenosas e vasas. O contraste com a sub-unidade anterior reside no seu maior teor de matéria orgânica nas fracções <63 e >63 µm (máximos de 65 %), que resulta da presença abundante de fibras orgânicas, sementes, fragmentos de madeira e carvão.

**Unidade IV (Espessura máxima observada: MC I - 1,41 m, MC IIR - 2,12 m)**

As características destes depósitos contrastam com a unidade anterior pelo seu baixo teor de matéria orgânica e pela sua textura inicialmente mais fina que adquire cariz mais grosseiro para o topo. É a variação deste último parâmetro que justifica a subdivisão em duas sub-unidades, embora represente na sua totalidade uma sedimentação essencialmente minerogénica.

**Sub-unidade IVA (Espessura máxima observada: MC I - 0,99 m, MC IIR - 1,13 m)**

**MC I: de 1,40 a 0,42 m; MC IIR: de 2,12 a 0,99 m**

Corresponde a uma sedimentação essencialmente vasosa, de coloração esverdeada com manchas de oxidação (MC I), ou negro que passa progressivamente a cinzento e depois a castanho para o topo (MC IIR). Esta sedimentação contrasta com a anterior pela seu reduzido teor em matéria orgânica que não excede, na sua maioria, os 3 %, correspondendo a uma sedimentação inorgânica (vasas minerogénicas).

**Sub-unidade IVB (Espessura máxima observada: MC I - 0,42 m, MC IIR - 0,99 m)**

**MC I: de 0,42 a 0,00 m; MC IIR: de 0,99 a 0,00 m**

Trata-se de uma sedimentação essencialmente arenosa de coloração cinzenta a acastanhada, correspondendo texturalmente a areias vasosas a pouco vasosas, com excepção da metade superior desta unidade na sondagem MC IIR que enriquece em componente fina, passando a uma vasa pouco arenosa acinzentada. Independentemente da sua textura, os materiais apresentam baixos teores de matéria orgânica, não excedendo 6 %. A análise textural da fracção grosseira destas areias revela que estas são finas a muito finas, moderadamente calibradas a bem calibradas. Tal como na unidade anterior, estamos perante uma sedimentação essencialmente minerogénica. Em ambas as sondagens, na região próxima da superfície topográfica os sedimentos adquirem coloração castanha, onde a presença de raízes é marcante, correspondendo já a uma certa pedogenização (solo).

Os resultados analíticos (idades radiocarbono convencionais) foram utilizados para construir o MODELO DE IDADES (do mesmo modo que em MB e em MIGM) (*Tabela VI.1-22*). Estas idades foram utilizadas para se determinar as taxas de sedimentação. O Modelo (por definição do operador), gerou idades interpoladas para cada centímetro com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade.

Os Modelos de Idade elaborados pelo programa Clam para as sondagens MCI e MCIIR foram completados com informação das idades e do log estratigráfico e apresentam-se na *Figuras VI.1-82C e VI.1-82D*, respectivamente, tendo permitido enquadrar cronologicamente a evolução paleoambiental da barreira arenosa que isola a laguna de Melides e estabelecer ritmos de sedimentação.

Tendo por base os resultados analíticos sedimentológicos das duas sondagens MC, estabeleceu-se a comparação das unidades identificadas em cada uma (*Figura VI.1-84, VI.1-85*).

Tendo por base a taxas de sedimentação entre cada par de amostras datadas, e assumindo uma taxa constante em cada segmento, foi determinada a idade (anos BP) para os limites entre unidades. Estes dados serviram de base para a interpretação paleoambiental que a seguir se apresenta e discute. A cada uma das etapas paleoambientais é adicionada informação palinológica obtida a partir do trabalho de SANTOS (1999) efectuado em MC I.

A *Figura VI.1-84* mostra a comparação efectuada entre MC I e MC IIR, revelando sobre as areias basais o enchimento sedimentar desde os 7500 anos cal BP até à actualidade (unidades II a IV). Embora não se tenha determinado a altimetria da boca da sondagem MC IIR, impossibilitando a obtenção de cotas absolutas relativamente a um nível de referência (ex: nível médio do mar), sabe-se que esta sondagem foi realizada nas imediações de MC I, num local onde não existem importantes ressaltos na paisagem da planície aluvial, pelo que se admitirmos a mesma cota inicial para MC IIR que a determinada para MC I (+4,58 m - NMM), o erro não será provavelmente maior que 25 cm. Tendo isto em mente, percebe-se que o substrato em MC IIR se posiciona a uma cota mais baixa, reflectindo um substrato com ligeira inclinação para sul (para a zona do actual talvegue da ribeira de Melides). Estas diferenças altimétricas que são intrínsecas do próprio

paleorelevo (vertente norte) do vale desta ribeira, são suficientes para explicar as diferenças cronológicas significativas no início da deposição de sedimentos de características texturais e composicionais idênticas, principalmente quando esta deposição é controlada por um plano de água, seja ele fluvial ou lagunar. Efectivamente, o início da sedimentação orgânica da unidade II inicia-se mais cedo (7500 anos cal BP) em MC IIR (topograficamente mais baixo) e só cerca de 1000 anos depois em MC I; provavelmente apenas 1000 anos mais tarde a cota do nível de água terá atingido uma posição altimétrica próxima da cota da paleosuperfície no local de MC I, iniciando-se a paludificação da outrora margem ribeirinha.

A diferença altimétrica entre o topo do substrato (? - unidade I) nas duas sondagens, posicionado 1,36 m mais baixo em MC IIR que em MC I, num ambiente de deposição controlado pela cota de um plano de água, pode ser a principal responsável pelas diferenças cronológicas registadas no início de cada unidade sedimentar. Note-se que, pequenas oscilações do plano de água fazem deslocar as faixas de sedimentação (zonas ecofisiográficas - zonas hidrogeomórficas - tipo de sedimentação), desde o domínio fracamente límico (sedimentos lodosos em ambiente com importante coluna de água) até ao terrestre (deposição de turfas num ambiente permanentemente saturado com nível freático próximo da superfície topográfica) (**Tabela VI.1-23**).



Na interpretação ambiental que a seguir se apresenta foram comparadas unidades sedimentares (mesmas características texturais e composicionais), embora se saiba que neste ambiente fluvial marginal vamos ter sedimentos contemporâneos com características diferenciadas em função da zona hidrogeomórfica em que se encontram.

Segue-se a apresentação da evolução paleoambiental (**Figuras VI.1-84, VI.1-85**) com base na cronologia de MC IIR (um pouco menos marginal que MC I), colocando-se entre parêntesis a cronologia de MC I e justificando-se sempre as discrepâncias cronológicas encontradas entre os dois testemunhos sedimentares.

#### **Ante 7500 (6350) anos cal BP - Unidade I:**

Face à diminuta informação disponível para a caracterização das areias lavadas da base (unidade I), não é possível apontar com toda a certeza se estas se tratam de areias fluviais ou se pertencem ao substrato regional (do Pliocénico/Miocénico) existente no vale da ribeira de Melides.

**Tabela VI.1-23** - Zonas ecofisiográficas relativamente à profundidade da coluna de água e ao tipo de sedimento associado (adaptado de QUEIROZ, 1999).

Zonas Ecofisiográficas	Zonas Hidrogeomórficas	Tipo de sedimento		
LÍMNICA	Águas profundas (Inundação importante) >1m	VASA (alóctone)		
TELMÁTICA	Cota elevada do plano água (Inundação franca) ± 1 m	VASA TURFOSA (alóctone + autóctone)		
SEMI-TERRESTRE	Cota baixa do plano água (Inundação moderada) = > superfície topográfica	TURFA VASOSA (autóctone + alóctone)		
TERRESTRE	Permanentemente húmido < superfície topográfica	TURFA		

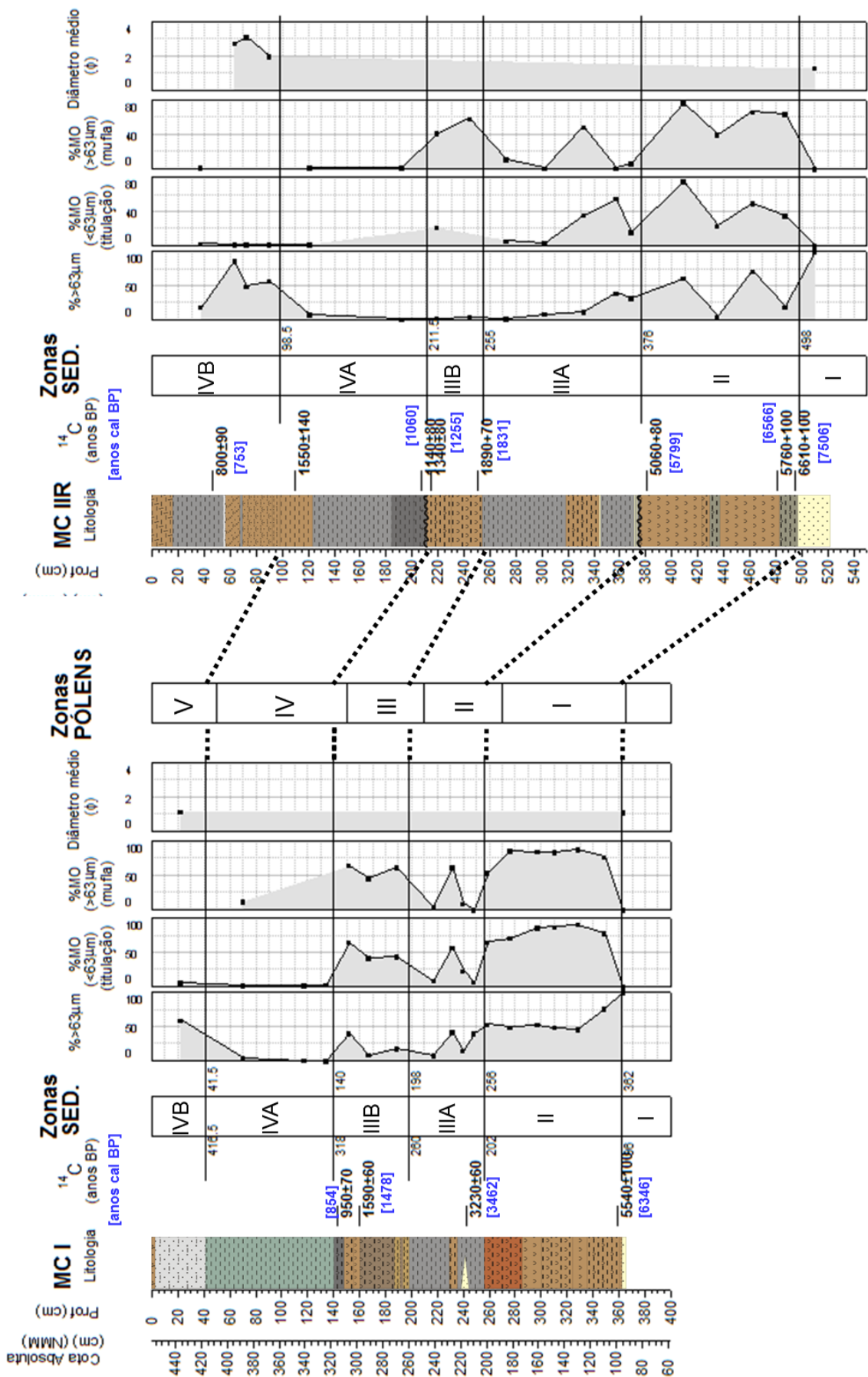


Figura VI.1-84 - Log estratigráfico, datações de <sup>14</sup>C, unidades/sub-unidades e perfis verticais das características texturais e composicionais das sondagens MC I e MC IIR efectuadas no domínio aluvial distal da Lagoa de Melides (Legenda do log estratigráfico - ver legenda na Figura VI.1-55). A cor representa a coloração aproximada na observação macroscópica). Na sondagem MC I acrescentam-se as Zona Polínicas. As linhas tracejadas representam-se as correlações entre as duas sondagens.

**Entre 7500 (6350) e 5800 (3500) anos cal BP - Unidade II:**

Há 7500 anos cal BP o nível freático deverá ter atingido a cota da superfície topográfica da base da sondagem MC IIR, iniciando-se o enchimento orgânico mas foram necessários cerca de 1000 anos para atingir a cota +0,96 m (NMM) no local de MC I. As características do depósito indicam uma sedimentação essencialmente turfosa típica de domínio terrestre, implicando uma permanência do nível freático próxima da superfície topográfica, numa margem ribeirinha, promotora de condições prolongadas de paludificação, favoráveis à acumulação contínua de restos vegetais. Pelo facto de a sequência se iniciar em MC IIR por vasas turfosas que assentam directamente nas areias basais, pode indiciar que ocorreu uma rápida subida da cota do plano de água, não se registando a sequência contínua de um evento de inundação lenta, onde se passaria progressivamente de depósitos turfosos a turfas vasosas e só posteriormente a vasas turfosas. Durante este período em MC IIR a taxa de sedimentação era de 0,15 mm/ano, incrementando posteriormente uma ordem de grandeza - 1,3 mm/ano, enquanto em MC I não terá excedido 0,4 mm/ano. As características texturais e a ausência de indicadores típicos de condições salobras (ex: bioclastos de bivalves) indicam uma sedimentação em ambiente de água doce, podendo corresponder a uma zona marginal do sistema fluvial (margem ribeirinha).

O estudo polínico (SANTOS, 1999; Zona de P lens I - ZP I - **Figura VI.1-84**) indica forte presença de espécies arbóreas (*Pinus*, *Quercus decíduos*, *Quercus suber*) e arbustivas (*Quercus coss fera*, *Ericaceas*), realçando a total ausência de algas e de indicadores salobros, que contrastam com a forte presença de esporos de Polypodiaceae, sugerindo a presença de um importante can al húmido.

Estas condições de paludificação permanecem no registo sedimentar até há 5800 anos cal BP em MC IIR e até há 3500 anos cal BP em MC I, datas a partir das quais se assiste ao início de um ciclo de sedimentação vasosa. Note-se que o fim da sedimentação turfosa em MC IIR é marcado por uma superfície erosiva, pelo que o topo da unidade II pode ter sido truncado e a permanência de condições palustres pode ter perdurado para além dos 5800 anos BP nesse local.

**Entre 5800 (3500) e 1800 (2400) anos cal BP - Unidade IIIA:**

A diferença cronológica de 2300 anos cal BP encontrada para o início da sedimentação vasosa (unidade IIIA) entre MC IIR e MC I pode resultar do hiato erosivo observado no topo da unidade II da sondagem MC IIR, onde as turfas são truncadas por sedimentos arenosos. No entanto, uma outra hipótese pode ser apontada, pois tendo em conta que o local desta última   topograficamente mais baixo, seria de esperar que um evento de inundação se fizesse notar  i mais cedo, s  atingindo o local de MC I mais tarde. Pelo exposto, esta diferença cronológica pode ser o resultado isolado das duas razões enumeradas ou da sua conjug  o.

Neste evento de sedimentação com características essencialmente lodosas, encontra-se intercalado um nível de natureza mais turfosa que sucede após níveis milimétricos ou bolsas de areia. As características



desta unidade, de natureza límnic, indicam um aumento da coluna de água, com ligeiro retrocesso (nível turfoso) há cerca de 3400 anos cal BP. O elevado teor de matéria orgânica que caracteriza estes lodos indica que para a sedimentação terá contribuído importante produção de matéria orgânica *in situ*. Um aumento da coluna de água pode justificar-se com um robustecimento da barreira arenosa, compatível com um período de menor permeabilização desta, o que terá promovido a acumulação de importante volume de água doce, conduzindo a um maior perímetro lagunar e a alagamento da planície de inundação adjacente.

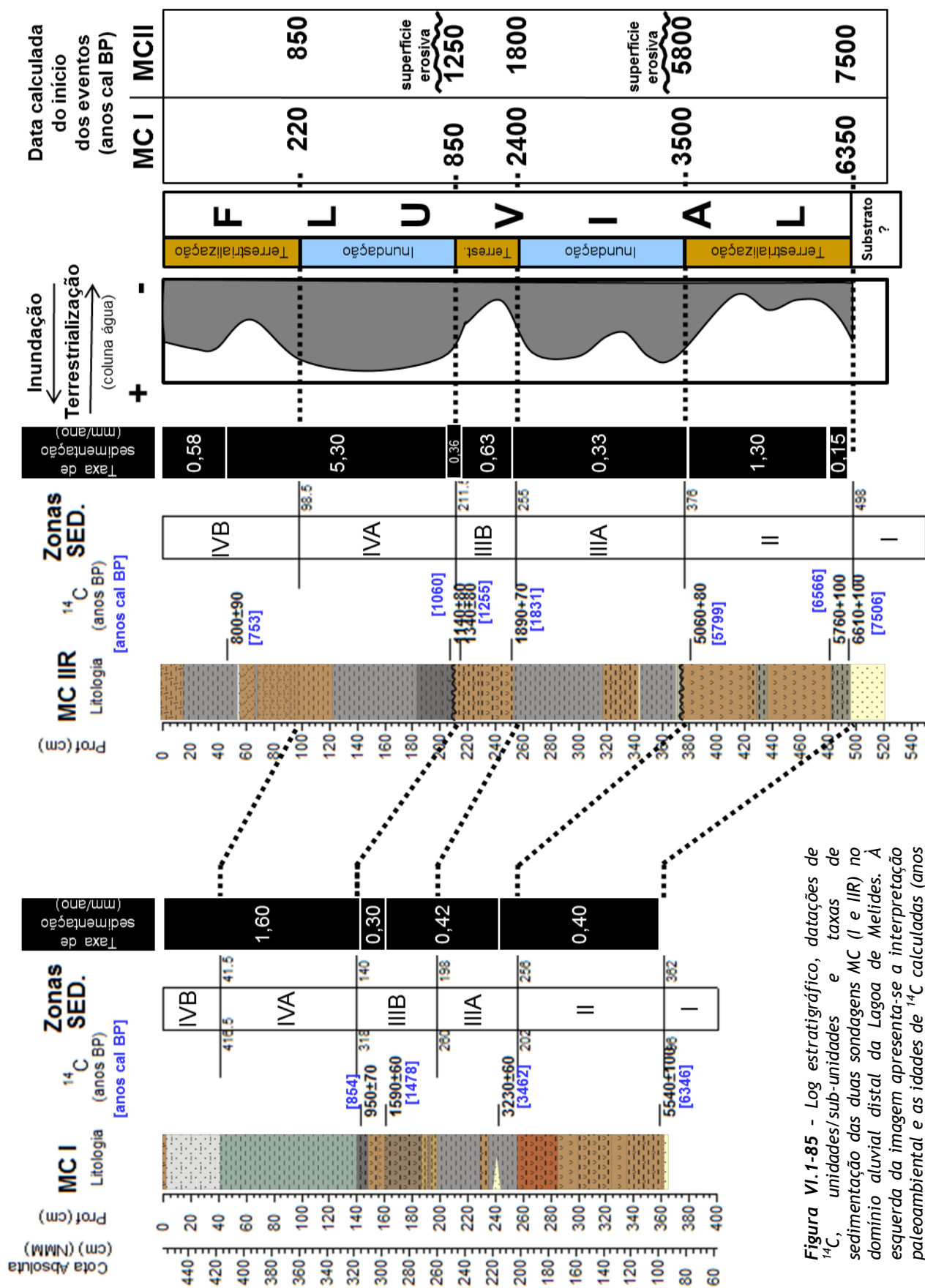
#### **Entre 1800 (2400) e 1250 (850) anos cal BP - Unidade IIIB:**

Este período marca o regresso a uma sedimentação mais turfosa, indiciadora de uma maior terrestrialização do sistema, mas não tão intensa como na unidade II (turfas); aqui dominam os lodos turfosos, indicando sedimentação em ambiente dependente de coluna de água suficientemente importante para uma inundação moderada a franca (**Tabela VI.1-23**). A ocorrência de uma diminuição gradual da coluna de água marcando a transição para um domínio de maior terrestrialização seria inicialmente sentida nos locais de cota mais elevada, como em MC I, e mais tarde nos locais topograficamente mais baixos, como em MC IIR. Efectivamente, esta sedimentação inicia-se 600 anos mais tarde em MC IIR - há 1800 anos cal BP. O ritmo sedimentar é inicialmente mais elevado, entre 0,6 e 0,5 mm/ano reduzindo-se para o topo - 0,4 mm/ano. Esta sedimentação é compatível com a manutenção de uma barreira arenosa pouco permeável, que permita a manutenção de coluna de água importante, mesmo nas regiões mais marginais da planície aluvial.

A associação polínica (ZP III) revela um aumento de *Pinus* em detrimento das espécies arbustivas. Espécies características de ambientes aquáticos (*Nymphaea*, *Myriophyllum* e diversas espécies de algas) revelam grande desenvolvimento. No entanto, há 1590 anos BP assiste-se a um importante declínio de *Pinus* e a um incremento dos urzais altos, observando-se a nível local uma expansão da floresta ribeirinha. As variações dos indicadores polínicos sugerem a manutenção de importante nível hidrológico local.

#### **Entre 1250 (850) e 850 (200) anos BP - Unidade IVA:**

Há 1250 anos BP, a transição para uma sedimentação essencialmente minerogénica vasosa, com baixos teores de matéria orgânica, sugere importante contribuição de carga sólida proveniente da bacia hidrográfica, iniciando-se a acumulação nos pontos topograficamente mais baixos (MC IIR) e estendendo-se posteriormente (há 850 anos BP) aos locais mais elevados e marginais (MC I). Esta mudança drástica na sedimentação sugere alterações importantes (naturais ou antrópicas ex: alterações climáticas ou alterações por exemplo na bacia hidrográfica, por ex. desflorestação, agricultura), que terão reduzido a protecção dos solos, expondo-os aos agentes erosivos. Estes promoveram o seu rápido transporte através da rede hidrográfica, conduzindo-os para a região aplanada da planície de inundação da ribeira de Melides, onde se depositaram. Corroborando igualmente esta hipótese, estão as elevadas taxas de sedimentação determinadas, atingindo-se valores entre 1,6 e 5,3 mm/ano em MCI e MCIIIR, respectivamente, correspondendo às mais elevadas de toda a sequência sedimentar.



**Figura VI.1-85** - Log estratigráfico, datações de  $^{14}\text{C}$ , unidades/sub-unidades e taxas de sedimentação das duas sondagens MC (I e IIR) no domínio aluvial distal da Lagoa de Melides. À esquerda da imagem apresenta-se a interpretação paleoambiental e as idades de  $^{14}\text{C}$  calculadas (anos BP) para o início de cada evento (terrestrialização/inundação).

O estudo polínico (ZP IV) revela um declínio inicial das espécies arbóreas (ex: *Pinus*, *Quercus suber*), bem como de espécies arbustivas, que recuperam para o topo da unidade. No entanto, as referências de maior importância são o aparecimento de espécies que sugerem acentuada intervenção antrópica, como a presença da espécie pirófito *Pteridium* e o aparecimento do grupo *Cerealia*.

#### **Entre 850 (220) anos cal BP e a actualidade - Unidade IVB:**

A sedimentação essencialmente minerogénica com baixos teores de matéria orgânica continua, mas adquire uma textura mais arenosa após os 850 anos cal BP em MC IIR e apenas há 220 anos cal BP em MC I. Estas características revelam condições de deposição mais energéticas, possivelmente podendo corresponder a episódios de “crevasse play” durante períodos de maior carga sólida da ribeira de Melides, que ultrapassando os diques marginais “despejam” na planície de inundação, não apenas água doce carregada de finos mas igualmente sedimentos mais arenosos, pelo que a cronologia do início dos depósitos não representa, provavelmente, grandes eventos regionais mas apenas a dinâmica ribeirinha.

A associação polínica (ZP V) indica aumento das espécies arbóreas (*Pinus*, *Quercus deciduos*, *Olea*) e do grupo *Cerealia*, constituindo os tipos dominantes, enquanto se assiste à diminuição das espécies arbustivas e herbáceas. Esta assinatura polínica indica forte incremento das zonas agrícolas e a presença de alguns tipos específicos de fungos reflecte a adição importante de fertilizantes (estrumes) aos solos, bem como a presença de gado, em pastagem nas terras baixas.

A projecção das idades de radiocarbono em função da cota absoluta das amostras analisadas - MODELO DE IDADES - para a sondagem MC I, revela um comportamento idêntico ao já descrito para as sondagens MEL3, MEL4 e MEL9 (**Figura VI.1-83**), que é muito distinto do já discutido para as sondagens “longas” MB e MIGM. A justificação apontada é idêntica à descrita para as sondagens MEL e resultará de esta se encontrar numa posição mais marginal ao depocentro do paleoval da ribeira de Melides.

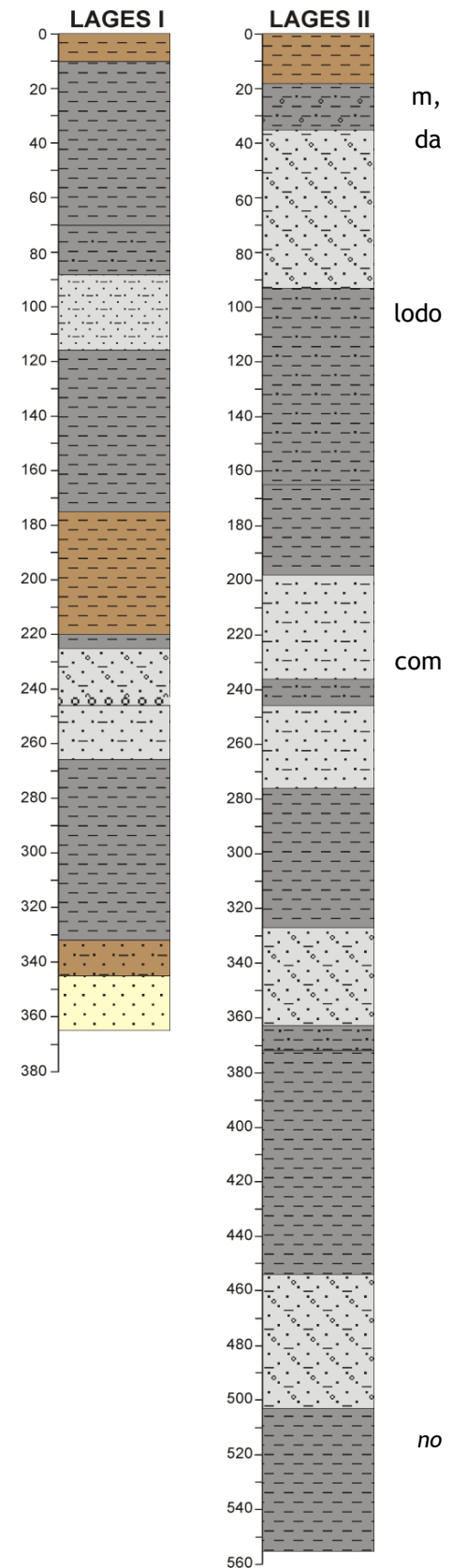
### ▪ Sondagens Lages I e Lages II

Mais para montante, encontram-se as duas sondagens denominadas Lages I e II que atingiram profundidades de 3,65 e 5,55 respectivamente (**Figura VI.1-86**). Destas sondagens apenas se dispõe descrição macroscópica dos sedimentos, pelo que toda a interpretação deve ser cautelosa.

A primeira sondagem atinge um substrato arenoso a 3,32 m, enquanto na segunda esse contacto não é evidente, terminando em muito compacto, cinzento. No entanto, durante a execução da sondagem com equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana, foi impossível prosseguir a perfuração, provavelmente pela presença de sedimentos grosseiros (areias ou cascalheira), pelo que o substrato se encontrará provavelmente a partir dos 5,55 m.

Ambas as sondagens revelam uma sedimentação alternada de eventos lodosos com outros maioritariamente mais arenosos, por vezes componente cascalhenta, todos com teores muito baixos de matéria orgânica e desprovidos de carbonatos.

A totalidade do testemunho sedimentar sobreposto às areias basais parece pois corresponder a uma sedimentação essencialmente minerogénica fluvial onde alternam eventos de menor (vasas) com maior energia (areias). Ao contrário do observado nas sondagens MC, estas não revelam a presença de níveis turfosos ou de vasas turfosas, apresentando aqui os materiais características predominantemente minerogénicas. Na ausência de datações de  $^{14}\text{C}$ , são apenas as descrições texturais que nos permitem arriscar uma correlação com as unidades previamente definidas nas sondagens MC I e MC IIR, correspondendo os materiais aqui encontrados às características dos depósitos da unidade IV (sedimentação inorgânica) das sondagens MC.



**Figura VI.1-86** - Log litoestratigráfico das sondagens Lages (I e II) efectuada domínio aluvial distal da Lagoa de Melides (ver legenda na Figura VI.1-71).

Relativamente a estas duas sondagens, não se dispõe de informação altimétrica, pelo que é arriscado fazer considerações dessa natureza. No entanto, se fosse assumido cota da boca das sondagens idêntica à das MC, a base da sondagem Lages II estaria posicionada a cota mais baixa, o que poderia sugerir que esta sondagem teria recuperado materiais mais antigos que MC IIR, mas como já referido é demasiado arriscada esta presunção.

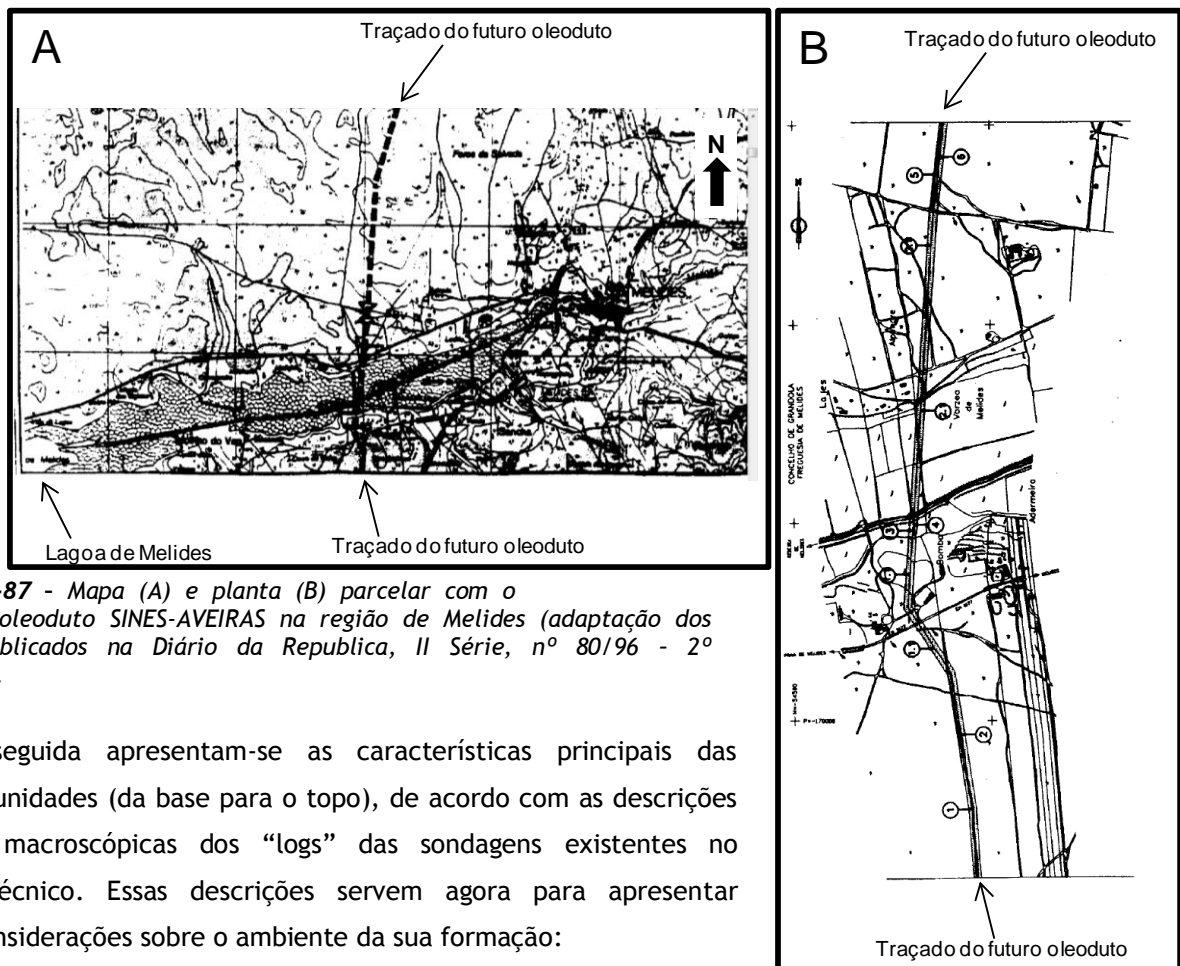
#### ▪ **Sondagens VFM-A/B/C/D/E/F/G/H e MELIDES 1/2/3/4**

Em 1976 foi efectuado o reconhecimento geotécnico dos terrenos ao longo de um perfil transversal ao vale da ribeira de Melides, num local destinado à construção do Viaduto Ferroviário de Melides (VFM, cuja construção não se concretizou). Este reconhecimento é apresentado em relatório (TEIXEIRA DUARTE, 1976) e compila a informação obtida com base em sete sondagens, a partir de agora referenciadas como VFM-A a VFM-G. Nesse relatório é ainda apresentado um perfil geotécnico interpretativo da secção transversal do vale da ribeira de Melides.

Em 1996 foi efectuado o reconhecimento geológico dos terrenos a serem atravessados pelo oleoduto SINES/AVEIRAS (“pipeline multiproduct”). No Diário da República, II Série, nº 80/96 (2º suplemento) é assinalado o traçado entre Sines e Aveiras, mostrando as plantas parcelares que na região de Melides este passaria perpendicularmente ao vale a cerca de 4 km da embocadura lagunar (**Figura VI.1-87**), exactamente o mesmo local que estava definido para o Viaduto Ferroviário de Melides em 1976. No entanto, esta fonte bibliográfica não refere o número de sondagens efectuado em cada região, nem a sua localização. A referência a estas sondagens é encontrada num relatório da empresa AGRIPOL (1996), que embora sem informação sobre a localização exacta das mesmas apresenta a descrição litológica dos materiais atravessados em quatro sondagens na região de Melides (Melides 1 a Melides 4), à qual é adicionada informação de ensaios SPT.

Em 2002 foi efectuado o reconhecimento geotécnico dos terrenos a serem atravessados pelo futuro Gasoduto SINES-SETÚBAL. Sabe-se que este atravessou a várzea de Melides no mesmo alinhamento do oleoduto (informação oral do Sr. Dário Cardador - Quercus Alentejo) mas no Relatório Geológico-Geotécnico relativo ao Projecto de execução do Gasoduto SINES-SETÚBAL (Geosolve, 2002), não são apresentados novos resultados desta região. Esta ausência deve resultar da existência de informação prévia (1976 - viaduto ferroviário de Melides; 1996 - travessia do oleoduto Sines-Aveiras), pelo que não se justificava novo investimento. Por outro lado, o atravessamento da várzea de Melides foi realizado em vala aberta, sobrepondo-se o gasoduto ao oleoduto posicionado em níveis mais profundos, o que permitia a observação *in situ* dos materiais.

Da totalidade das sondagens VFM realizadas em 1976, quatro (VFM-A, VMF-E, VFM-F E VFM-G) posicionam-se em terrenos com cota acima dos 16 m (NMM), estando apenas 3 (VFM-B, VFM-C e VFM-D) em plena planície aluvial com cotas da boca da sondagem aproximadamente a 9 m (NMM). Este conjunto de sete sondagens atinge profundidades superiores a 12,8 m e em todas se chega ao substrato regional pliocénico ou miocénico (**Tabela VI.1-20**). As características dos materiais atravessados permitiram aos autores (TEIXEIRA DUARTE, 1996) identificar seis grandes unidades às quais atribuíram idades, correspondendo as três mais recentes - C1, C2 e C3 ao Holocénico, C4 ao Plistocénico, C5 ao Pliocénico e C6 ao Miocénico.



**Figura VI.1-87** - Mapa (A) e planta (B) parcelar com o traçado do oleoduto SINES-AVEIRAS na região de Melides (adaptação dos originais publicados na Diário da Republica, II Série, nº 80/96 - 2º suplemento).

De seguida apresentam-se as características principais das diferentes unidades (da base para o topo), de acordo com as descrições litológicas macroscópicas dos “logs” das sondagens existentes no relatório técnico. Essas descrições servem agora para apresentar algumas considerações sobre o ambiente da sua formação:

- **Unidade C6 (MIOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 3,05 m em VFM-C) - Areia média a fina, ligeiramente calcária, com intercalações de arenito de cimento calcário e margoso.
- **Unidade C5 (PLIOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 6,25 m em VFM-B) - Areia média a fina, amarela-esbranquiçada, por vezes acinzentada, levemente consolidada, onde podem surgir raramente lenticulas de argila.

- **Unidade C4 (PLISTOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 4,50 m em VFM-B) - Areia muito grosseira com areão, por vezes mais argilosa, de cor amarelo-torrado onde podem aparecer laivos ferruginosos. Presença abundante de seixos bem rolados a rolados de grauvaque e xisto. Esta unidade parece corresponder à cascalheira de base dos aluviões.
- **Unidade C3 (HOLOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 14,30 m, VFM-C) - na base desta unidade surge uma areia fina a média muito lodosa, com coloração que varia entre o esbranquiçado e o cinzento-escuro, atingindo espessura máxima de 2,5 m no depocentro do paleovale (em VFM-C). Aí, segue-se 1,5 m de um lodo muito turfoso, que na região marginal sul (VFM-B) enriquece consideravelmente em matéria orgânica (3 m de turfa lodosa que indica ambiente em domínio de maior terrestrialização - turfeira fluvial marginal). A restante sequência desta unidade (VFM-C) é constituída por lodos cinzento-escuros com vegetais incarbonizados, por vezes mais ou menos arenosos. Nestes aparecem alternados níveis métricos de areias muito grosseiras, lodosas, cinzentas escuras, por vezes com areão e seixos. Estes materiais, embora de génese completamente fluvial, registam eventos de diferentes condições energéticas (vasa *versus* areia/areão - reduzida *versus* elevada energia, respectivamente), provavelmente relacionados com a própria dinâmica hídrica da ribeira de Melides. Já as turfas estão associadas a condições de maior restrição (ambiente de maior protecção relativamente à dinâmica de um canal de descarga activo). Efectivamente, estas aparecem em região mais marginal ao talvegue contemporâneo da deposição.
- **Unidade C2 (HOLOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 22,00 m, VFM-G, de acordo com os autores) - Areia média a grosseira, amarela, lavada, consideradas como eólicas (?). A possível génese destes materiais permanece ainda por esclarecer, a hipótese de serem eólicas é colocada pelos autores das sondagens. No entanto, mesmo não dispondo de mais informação sedimentológica detalhada, não nos parece viável esta interpretação, com a geometria desta camada a penetrar no interior dos depósitos fluviais como mostra a sua interpretação na **Figura VI.1-88**.
- **Unidade C1 (HOLOCÉNICO)** (espessura máxima observada = 5,00 m, VFM-F) - corresponde à terra vegetal superficial (solo), sendo arenosa e mais ou menos acastanhada.

Embora o objectivo da execução destas sondagens em 1976 fosse essencialmente a caracterização geotécnica dos terrenos e o seu possível comportamento para suportar estruturas (viaduto ferroviário de Melides), veio permitir a observação de uma janela a duas dimensões do enchimento holocénico do paleovale da ribeira de Melides (secção transversal - **Figura VI.1-88**), tarefa impossível quando se estuda apenas uma sondagem. No entanto, a interpretação dos autores parece-nos duvidosa, no que respeita à unidade C2, que não será holocénica, face ao conhecimento actual da sedimentação holocénica do paleovale da ribeira de Melides.

As sondagens Melides 1 a Melides 4 feitas no mesmo alinhamento das anteriores, mostram o mesmo tipo de materiais em profundidade, e embora não exista localização exacta ao longo do perfil, as sequências



sedimentares recuperadas (**Figura VI.1-89**) permitem perceber a localização aproximada de três sondagens (**Figura VI.1-88**):

Melides 1 - não se consegue identificar a sua localização;

Melides 2 - praticamente coincidente com VFM-C;

Melides 3 - a meia distância entre VFM-C e VFM-D;

Melides 4 - entre Melides 3 e VFM-D mas mais próxima da primeira.

A informação reunida a partir destas 11 sondagens possibilita a obtenção de uma “janela” transversal ao vale da ribeira de Melides e não obstante a interpretação proposta pelos autores (com a qual se discorda, em parte), apresenta-se de seguida a nossa interpretação com base nos testemunhos sedimentares recolhidos e descritos (**Figura VI.1-89**).

Em secção, o paleovale é ligeiramente descentrado para sul, onde se atinge o substrato miocénico a -14,9 m (NMM) contrastando com os -15,96 m registados na sondagem MIGM mais a jusante no vale. Sobrepondo-se a este, depositaram-se, no Pliocénico, areias médias a finas, esbranquiçadas, que apresentam algum grau de consolidação. No Plistocénico a incisão fluvial promoveu a erosão de parte destes materiais, tendo inclusive no depocentro do vale atingido as formações miocénicas. Em consequência, uma extensa e espessa cascalheira de base atapeta o paleovale (aqui com 4,25 m de espessura contrastando com os 2,27 m da sondagem MIGM mais a jusante no vale). Questiona-se o prolongamento desta unidade para norte (com menor declive atingindo aproximadamente a cota de 0,0 m NMM) e para sul (declive acentuado, subindo até cotas de 15,4 m - NMM). Note-se que aqui podem estar incluídos depósitos de vertente, por vezes difíceis de diferenciar ou outros depósitos plio-quadernários, restringindo-se a cascalheira de base às paredes do paleovale. Toda a colmatação posterior do vale constitui o denominado enchimento plisto-holocénico, após o início da deglaciação.

O enchimento inicia-se com depósitos essencialmente arenosos, que progressivamente enriquecem em matéria orgânica e em componente fina. O sistema inicia-se com uma fase de terrestrialização (turfas) antes da evolução para uma fase límnic (depósitos francamente lodosos que implicam uma coluna de água mais importante). Na primeira depositam-se os materiais turfosos, preferencialmente em locais protegidos da actividade do canal principal (turfeiras marginais). Posteriormente, os sedimentos da colmatação holocénica deste vale indicam a ocorrência alternada de eventos com condições energéticas diferenciadas (lodos/areias). Próximo das margens os depósitos fluviais passam lateralmente a areias lavadas cuja génese permanece controversa (eólica ?), mas que podem ser materiais mais antigos com actual remobilização eólica. No entanto, na ausência de informação mais aprofundada, é arriscado tecer mais considerações. Estas formações superficiais arenosas enriquecem actualmente em resíduos orgânicos e encontram-se a evoluir (pedogénese), constituindo o solo actual, de cor acastanhada.

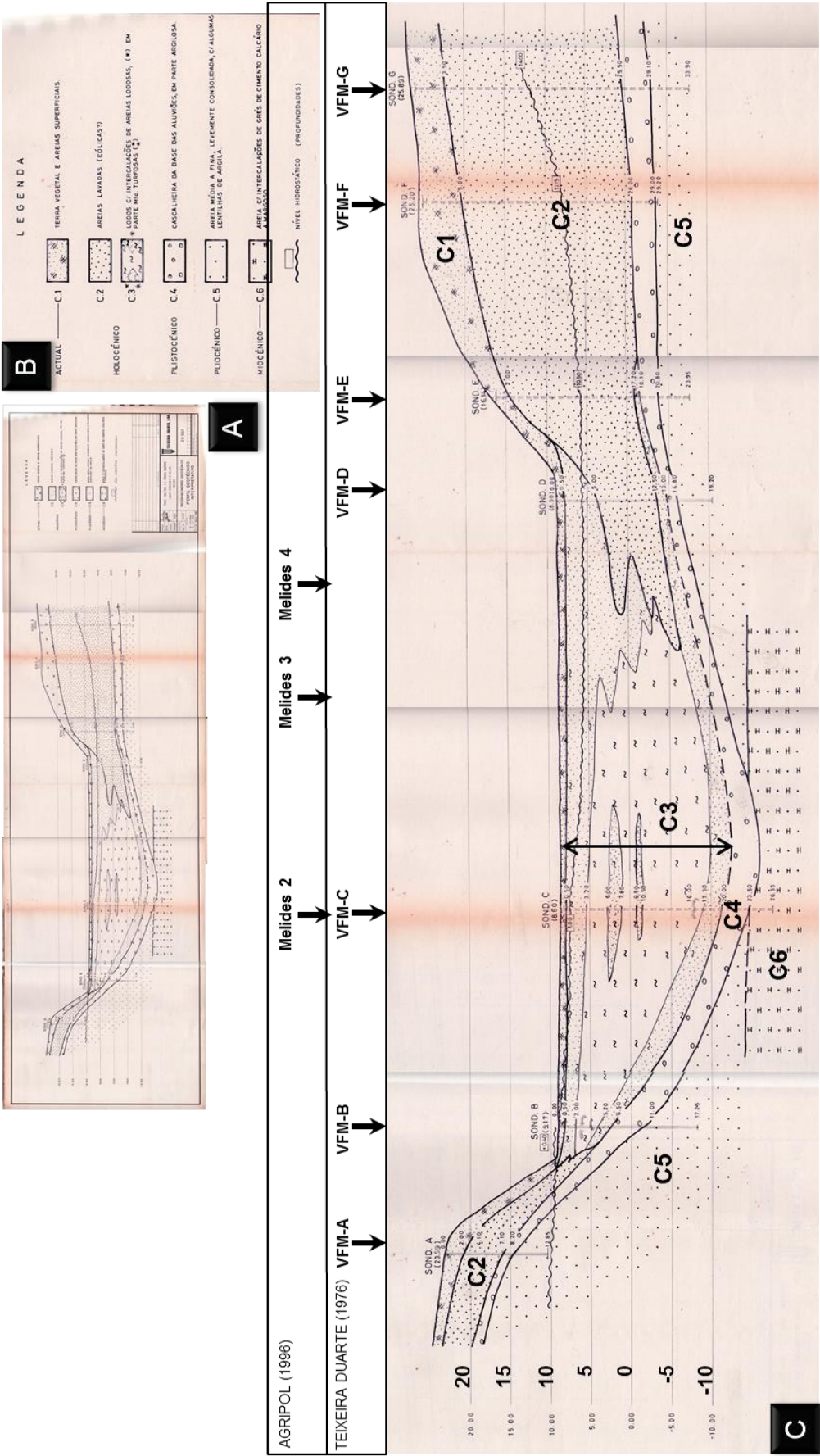
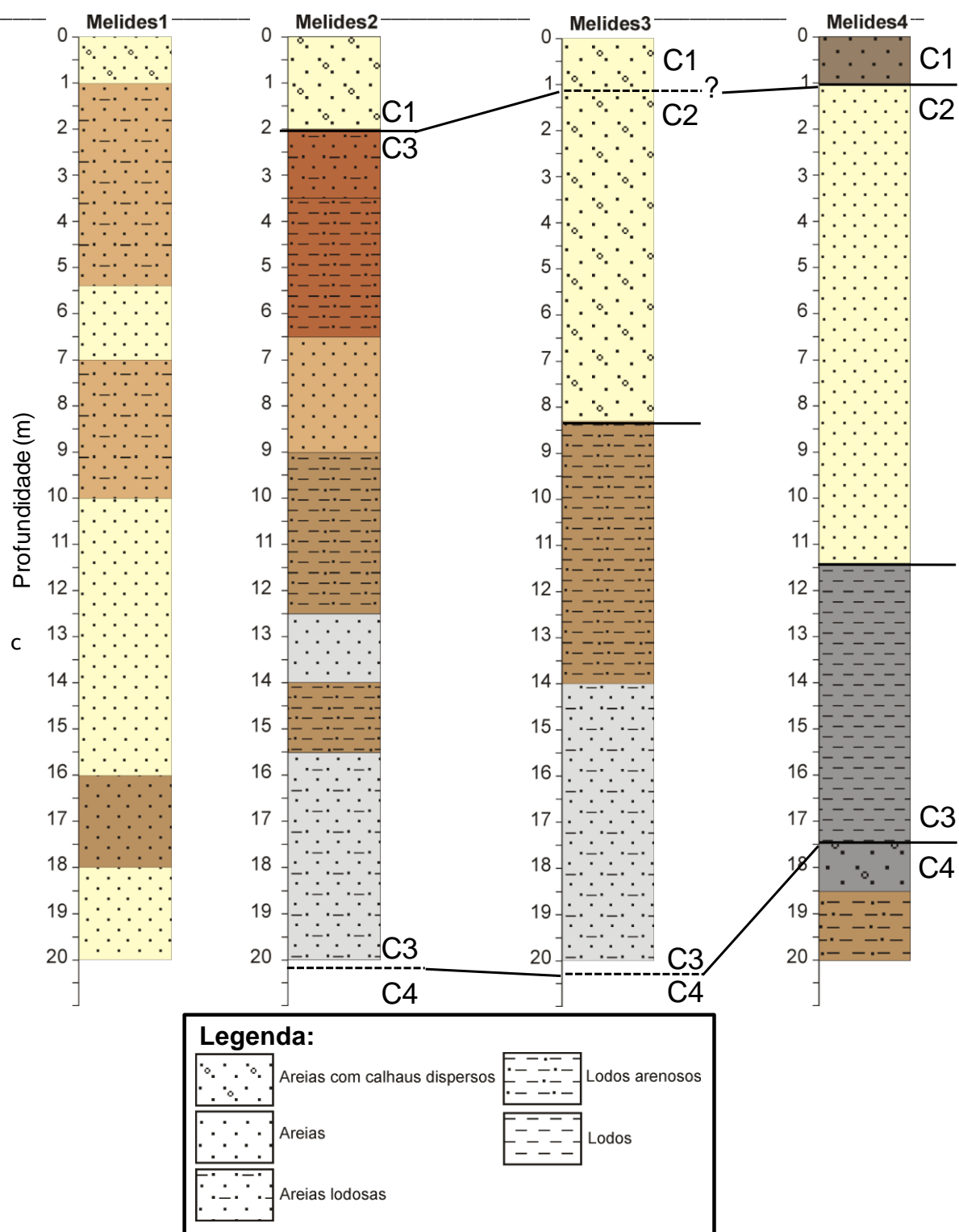


Figura VI.1-88 - A - Perfil original presente no relatório de TEIXEIRA DUARTE (1976); B - Legenda do referido perfil; C - adaptação do perfil geotécnico interpretativo existente no relatório da Teixeira Duarte (1976), resultante dos dados das sete sondagens VFM-A a VFM-G, executadas ao longo de um perfil transversal ao vale da ribeira de Melides, onde se assinalam as posições destas sondagens e as do relatório AGRIPOL, 1996 - sondagens Melides 1 a Melides 4).



**Figura VI.1-89** - Logs estratigráficos das sondagens Melides 1 a Melides 4 executadas no mesmo perfil das sondagens VFM-A a VFM-G, na região aluvial distal da Lagoa de Melides. Definem-se as unidade com base nas descrições macroscópicas e seguindo os mesmos critérios que se utilizaram nas sondagens VFM, fazendo-se a comparação entre sondagens.

### VI.1.1.3.5 Integração dos resultados a macroescala temporal das sondagens nos diferentes domínios - MODELO EVOLUTIVO PÓS-TARDIGLACIÁRIO

As 28 sondagens analisadas nos vários domínios da Lagoa de Melides (Litoral, Aluvial Proximal e Aluvial Distal - **Figura VI.1-90**), apresentam contrastes nas características texturais e composicionais, bem como na assinatura paleoecológica (ostracodos, foraminíferos, nanoplâncton calcário, pólen) que reflectem a sua evolução diferenciada durante o Holocénico, como consequência do diferente posicionamento no paleovale da ribeira de Melides. Anteriormente foi efectuada uma comparação entre as unidades das sondagens existentes em cada domínio (intradomínio), pelo que faz-se agora uma comparação entre as unidades das diferentes sondagens nos três domínios discutidos (interdomínio). Obtida esta última comparação (**Figura VI.1-91, VI.1-92**), apresenta-se o MODELO DE EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL PÓS-TARDIGLACIÁRIO (**Figura VI.1-93, VI.1-94**) para o litoral da região de Melides, onde se estabelecem várias etapas (FASES) ambientais.



**Figura VI.1-90** - Localização das sondagens nos diferentes domínios em análise na região de Melides.

Nas sondagens do domínio Litoral e Aluvial Proximal, os materiais indicam sedimentação associada a ambientes marinhos, estuarinos, lagunares e fluviais com diferentes níveis de hidrodinamismo e fontes sedimentares. No entanto, as sondagens do domínio Aluvial Distal apenas registam sedimentação associada a ambiente fluvial. No domínio aluvial (proximal e distal), as sondagens mais profundas registam sedimentação muito grosseira (cascalheira de base) que não se detecta na sondagem “longa” MB do domínio litoral. Esta ausência deve ser consequência do posicionamento desta cascalheira em níveis mais profundos do que os amostrados na região terminal do paleovale, junto à actual linha de costa.

#### **SUBSTRATO REGIONAL**

##### **PLIOCÉNICO (?) - Domínio Litoral**

##### **MIOCÉNICO - Domínio Aluvial Proximal**

##### **PLIO-MIOCÉNICO - Domínio Aluvial Distal**

***Base da unidade I - MB, substrato - MIGM, unidades C5 e C6 - VFM***

A sedimentação plisto-holocénica da região de Melides assenta em substrato mio-pliocénico, encontrando-se o Miocénico na região mais a montante a -14,9 m (sondagem VFM-C), enquanto mais a jusante (MIGM) foi aregistado a -15,96 m (NMM). Embora não existam datações que permitam atribuir idade miocénica a estas formações do substrato, esta foi confirmada pela semelhança das suas características texturais e composicionais com o que vem descrito na literatura mas igualmente com base no conteúdo paleoecológico (ostracodos, nanoplâncton calcário). Na base da sondagem MB, os materiais devem ser pliocénicos, contribuindo para esta afirmação o seu carácter azóico, as características texturais e o seu grau de cimentação.

#### **FASE A: PLISTO-HOLOCÉNICO - 11 000 aos 10 000 anos BP (13 000 - 11 000 anos cal BP)**

##### **FLUVIAL - Domínio Litoral**

##### **FLUVIAL - Domínio Aluvial Proximal**

##### **FLUVIAL - Domínio Aluvial Distal**

***Unidade I - MB, Unidade IA - MIGM, Unidade C4 - VFM***

A sedimentação plistocénica caracteriza-se por ser muito grosseira (cascalheira de base) encontrando-se a revestir o paleovale, apresentando constrangimento cronológico e características texturais/composicionais/paleoecológicas semelhantes às descritas para o enchimento holocénico da região de Santo André (FREITAS *et al.*, 2003e). Em Melides, a sedimentação plistocénica é representada por sedimentos muito grosseiros (cascalheiras e areias), sendo reveladora de um ambiente de deposição de elevada energia, marcado pela incisão fluvial da ribeira de Melides que se instala em sedimentos brandos mio-pliocénicos. Esta conclusão é igualmente apoiada na ausência de indicadores paleoecológicos (unidades



azóicas sem bioclastos), pelos baixos teores de matéria orgânica e de elementos químicos de afinidade marinha.

**FASE B: INÍCIO DO HOLOCÉNICO - 10 000 aos 8000 anos BP (11 500 - 9000 anos cal BP)**

**FLUVIAL/ESTUARINO - Domínio Litoral**

**ESTUARINO “incipiente” - Domínio Aluvial Proximal**

**FLUVIAL - Domínio Aluvial Distal**

***Unidade II - MB, Unidade IB - MIGM, base da Unidade C3 (arenosa) - VFM***

Os primeiros tempos do Holocénico são marcados por uma diminuição granulométrica dos sedimentos, sugerindo uma diminuição da energia do ambiente de deposição. Durante este período, de modo geral os bioclastos (fragmentos de bivalves e gastrópodes) e ostracodos estão ausentes, sendo baixos os teores de elementos paleosalinos, sugerindo a permanência de sedimentação em ambiente fluvial. No entanto, alguns níveis revelam elevadas concentrações de S (MB e MIGM) e de Cl e Br (MB), sugerindo pequenos eventos de influência marinha. Do mesmo modo, são referenciados intervalos de sedimentos azóicos em foraminíferos que alternam com outros que contêm poucas a abundantes carapaças (Unidade II em MB), representando eventos alternados entre condições de ambiente de água doce e salobra. Na sub-unidade IB de MIGM, a presença destes indicadores paleoecológicos é nula ou revela concentrações muito baixas de espécies salobras, representando uma influência incipiente na região mais a montante (aluvial proximal). Ainda mais a montante, na região aluvial distal, os sedimentos são maioritariamente arenosos, sem bioclastos e com rara matéria orgânica, indicando que a atenuação da influência marinha já verificada de MB para MIGM se acentua, não se fazendo sentir no local das sondagens VFM, dominando aí o ambiente fluvial.

**FASE C: 8000 aos 5300 anos BP (9000 - 5500 anos cal BP)**

**ESTUARINO/MARINHO - Domínio Litoral**

**ESTUARINO/MARINHO - Domínio Aluvial Proximal**

**FLUVIAL - Domínio Aluvial Distal**

***Unidade III - MB, base da Unidade II - MIGM, base da Unidade C3 (arenosa) - VFM***

Há cerca de 9000 anos cal BP inicia-se uma nova fase de evolução da região de Melides, passando a ambiente de estuário, contrastando os materiais das unidades III em MB e II em MIGM, com os subjacentes. Nestas unidades, a fracção grosseira dos sedimentos é composta maioritariamente por bioclastos que conferem aos sedimentos teores elevados de carbonato de Ca, indiciadores de elevada bioprodutividade associada a uma maior influência marinha no sistema. A presença de vasas aumenta, os teores de matéria orgânica e de indicadores paleosalinos atingem nesta fase os teores máximos. É nesta fase que se regista a primeira ocorrência de associações marinhas de ostracodos nas duas sondagens. A máxima influência marinha

é sentida em MB à cota aproximada de -16 m (NMM) (topo da unidade IIIA, ≈7000 anos BP - 7850 cal BP), enquanto em MIGM se posiciona próximo de -9 m (NMM) (próximo da base da unidade II, ≈5500 anos BP - 6300 cal BP). Este desfasamento altimétrico pode ser o responsável pelo desfasamento temporal do sinal da máxima influência marinha no sistema de Melides, que embora se faça sentir 1500 anos mais tarde em MIGM, não chega a ser tão intenso como em MB. Na região mais a montante, no local das sondagens VFM a transgressão holocénica não deixa registo da influência marinha no sistema, permanecendo a sedimentação fluvial.

**FASE D: 5300 anos BP -actualidade (5500 anos cal BP - actualidade)**

**BARREIRA e LAGUNAR - Domínio Litoral**

**LAGUNAR e FLUVIAL - Domínio Aluvial Proximal**

**FLUVIAL - Domínio Aluvial Distal**

**Unidade IV - MB; Unidade I, II, III - MEL; II, III - MIGM; Unidade II, III, IV, V - MC; Unidade C1, C3 - VFM**

Há cerca de **5500 anos BP**, após o auge da influência marinha, passa-se a um registo completamente diferente, como consequência da instalação da barreira arenosa que isola o vale da ribeira de Melides transformando o antigo estuário/ria numa laguna. A estabilidade posterior desta barreira vem condicionar toda a evolução sedimentar desta região, permanecendo no registo geológico a “marca” de períodos de maior ou menor permeabilidade, que nos diferentes domínios presentes condicionaram a acumulação de diferentes tipos de materiais sedimentares.

Durante esta fase foram identificados 6 eventos (D1 a D6), tendo-se optado por incluí-los todos numa única fase, pois nos domínios extremos do paleovale - litoral e aluvial distal - o registo revela sempre o mesmo ambiente - barreira e fluvial, respectivamente. No entanto, no domínio fluvial ocorrem alternâncias entre períodos de maior e menor coluna de água, deixando no registo sedimentos finos e mais grosseiros/turfosos, respectivamente. De seguida descrevem-se as características sedimentológicas de cada evento em cada domínio e aponta-se uma possível causa para a mudança no registo sedimentar:

**D1 - Entre 5000 e 4500 anos BP: (5500 - 5200 anos cal BP)**

- Na região onde se instalou a barreira os depósitos são maioritariamente arenosos, sendo os sedimentos na região mais a sul, próximo do canal de maré, mais grosseiros e empobrecidos em componente bioclástica. No entanto, contemporaneamente afastado desta zona de maior hidrodinamismo (mais a norte), depositam-se materiais igualmente arenosos mas menos grosseiros, que enriquecem em componente bioclástica para o topo (unidade IA - sondagens MEL).
- No domínio aluvial proximal (sondagem MIGM - zona intermédia da unidade II) após uma fugaz influência marinha nesta região mais a montante, evolui-se para uma sedimentação lagunar;



- No domínio aluvial distal (sondagens MC - metade superior da unidade II), há cerca de 5500 anos, estamos perante uma sedimentação turfosa que pode corresponder a um depósito fluvial marginal.

**D2 - Entre 4500 e 4300 anos BP (5200 - 5000 anos cal BP):**

- Na região litoral, durante este intervalo temporal deposita-se (sondagens MEL - base da unidade IB) um nível lodoso (nível “marcador” com bioclastos), em alguns locais, cuja datação indica a idade de 4550 anos BP (5200 cal BP). Este indica a ocorrência de uma subida importante do nível da cota do plano de água lagunar, provavelmente como consequência de um maior robustecimento da barreira (que se torna menos permeável);
- De igual modo, no domínio aluvial proximal (sondagem MIGM - zona intermédia da unidade II) detecta-se este aumento da espessura do hidrossoma lagunar, pois encontra-se presente um evento de sedimentação fina (14 cm de espessura), cuja base devolveu a idade de 4790 anos BP;
- No domínio aluvial distal (MC IIR - unidade II), após uma sedimentação turfosa, também se assiste a uma transição para um depósito de características texturalmente mais finas, lodosas (MC I e MC IIR - base da unidade III). O facto de em MC IIR a passagem ocorrer há cerca de 5000 (5800 cal BP) e não há 4790 anos, como no domínio aluvial proximal (sondagem MIGM), pode resultar de parte da coluna sedimentar ter sofrido erosão (note-se que esta passagem é feita através de uma superfície erosiva *Figura VI.1-85*). Salienta-se que, este evento de inundação de curta duração temporal foi suficientemente importante para deixar sinal em diferentes áreas do ambiente em estudo.

**D3 - Entre 4300 e 3700 anos BP (5000 - 4200 anos cal BP):**

- No domínio litoral (sondagens MEL - topo da unidade IB) retoma-se um registo sedimentar típico de um aumento de hidrodinamismo e de uma diminuição da espessura da coluna de água lagunar, depositando-se materiais essencialmente arenosos, que enriquecem em bioclastos para o topo, indiciando uma maior ocorrência de períodos de barra aberta, que potencia um aumento das correntes e mantém níveis hídricos mais baixos no interior da laguna;
- Mais para montante (MIGM - zona intermédia da unidade II) passa-se igualmente a depósitos arenosos com alguns bioclastos, confirmando a hipótese apresentada no ponto anterior;
- No domínio aluvial distal (sondagem MC IIR - zona intermédia da unidade IIIA) é notório uma terrestrialização da margem ribeirinha, acumulando-se durante este período materiais mais orgânicos/turfosos, confirmando a diminuição do nível hídrico dentro do sistema lagunar de Melides.

**D4 - Entre 3700 e 1800 anos BP (4200 - 2000 anos cal BP):**

- Este período corresponde no domínio litoral (sondagens MB: topo da unidade IVB; e MEL - unidade IIA) a um aumento da espessura do hidrossoma lagunar que permite a acumulação de materiais essencialmente vasosos, em ambiente de barreira, mas onde a influência marinha se mantém importante, pois abundam os bioclastos;
- No domínio aluvial proximal (MIGM - topo unidade II é notória a presença de um nível igualmente vasoso mais antigo que 3170 anos, ao qual se sobrepõem materiais mais arenosos, tal como observado

em MEL9. É dentro deste intervalo temporal (3700 anos cal BP) que se assiste à chegada dos depósitos fluviais (frente de progradação aluvial) à zona da sondagem MIGM (unidade IIIA), que cobrem os anteriores depósitos lagunares. Esta sub-unidade IIIA (fluvial lodosa) é compatível com a presença de um plano de água lagunar elevado, mas onde a influência marinha progressivamente diminui;

- Mais a montante esta inundação deixa registo igualmente de sedimentação fina na planície de inundação (sondagem MC IIR - topo da unidade IIIA).

Note-se que este período se caracteriza por um aumento da espessura da coluna de água de água lagunar mas na região vestibular da laguna mantém-se alguma influência do ambiente marinho, que possibilita a presença de águas salobras, enquanto para montante, embora se mantenha importante coluna de água, é notória a cada vez maior influência do sistema fluvial.

#### **D5 - Entre 1800 e 1100 anos BP (2000 - 1200 anos cal BP):**

- Junto ao litoral (sondagens MB - topo da unidade IVB; MEL - unidade IIB) no registo geológico passam a acumular-se depósitos essencialmente turfosos, sem bioclastos, de características mais ácidas indicando uma importante descida da coluna de água que coloca este local numa posição marginal da barreira muito menos alagada.
- No domínio aluvial proximal (MIGM - unidade IIIB) depositam-se materiais detríticos mais grosseiros, de características mais fluviais;
- Mais a montante, o local onde antes se depositavam lodos de inundação adquire uma posição mais marginal no sistema fluvial (sondagem MC IIR - unidade IIIB), passando a acumular-se materiais mais orgânicos e turfosos.

Todos os domínios registam diminuição do hidrossoma, que promove a evolução do sistema para uma terrestrialização sentida quer no domínio litoral quer no fluvial. Esta redução do hidrossoma pode resultar de uma maior permeabilidade da barreira arenosa (maiores períodos de barra aberta), não retendo volumes importantes de água no interior do espaço lagunar e logo não inundando os terrenos adjacentes.

#### **D6 - Entre 1100 anos BP e a actualidade (1200 anos cal BP - actualidade):**

- Na região litoral assiste-se à progradação da barreira arenosa para nascente (sondagens MB - sub-unidade IVC; MEL - unidade III), como resultado de fenómenos de reactivação por galgamento (“washovers”), sobrepondo-se aos depósitos lagunares marginais da barreira.
  - Nos domínios aluvial proximal e distal assiste-se a novo período de inundação mas as características dos sedimentos registam mudanças acentuadas: é o início da sedimentação essencialmente minerogénica (vasosa/arenosa) em posições mais marginais como as das sondagens MC. Iniciam-se as evidências de uma maior influência antrópica no sistema (agricultura+deflorestação), que continua até ao presente.

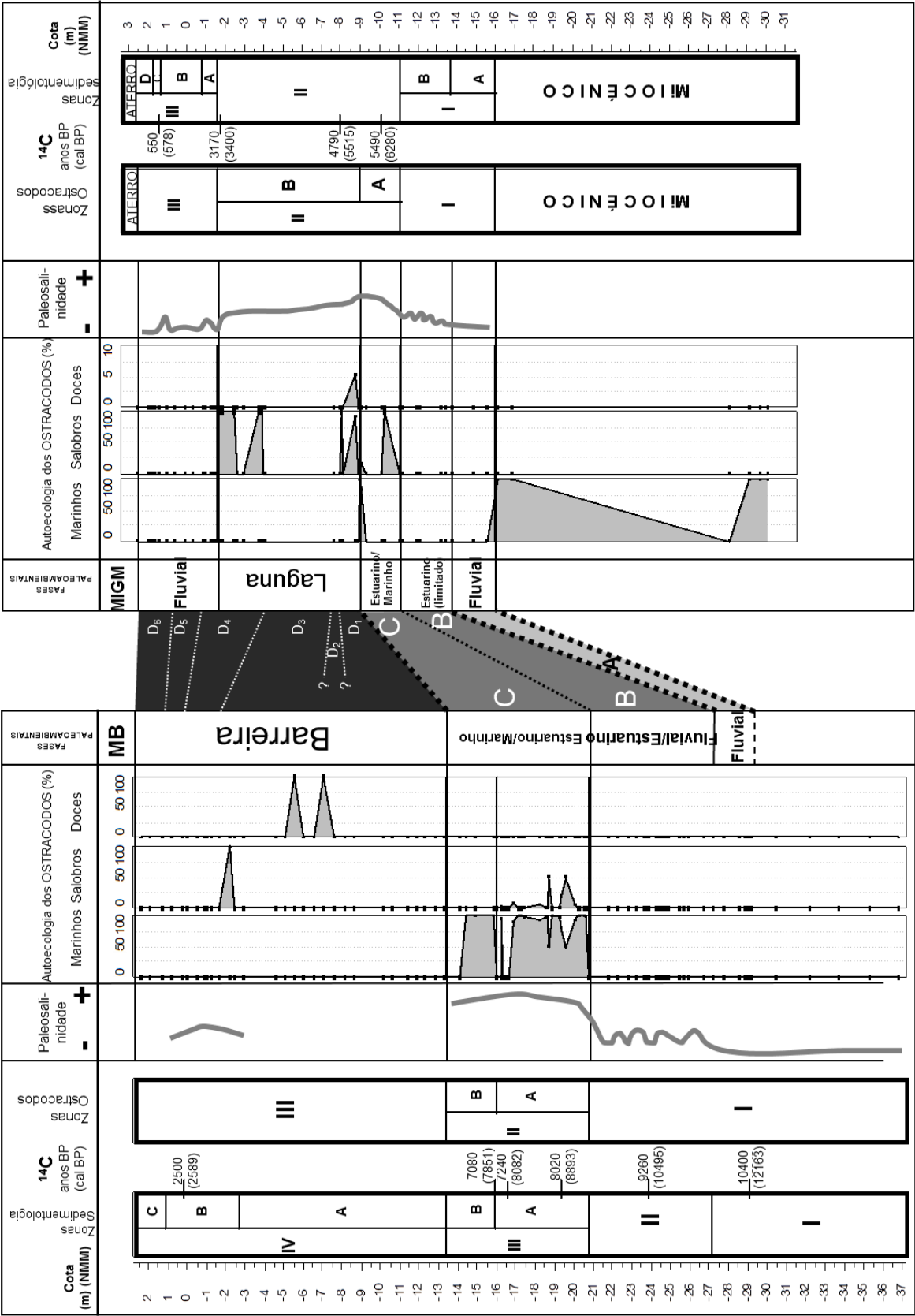


Figura VI.1-91 - Comparação das unidades sedimentares com as Zonas de Ostracodas, percentagem de distribuição de cada grupo em cada amostra e interpretação de paleosalinidade e FASES da EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL nas sondagens MB e M da Lagoa de Melides (adaptado de CABRAL et al., 2006).

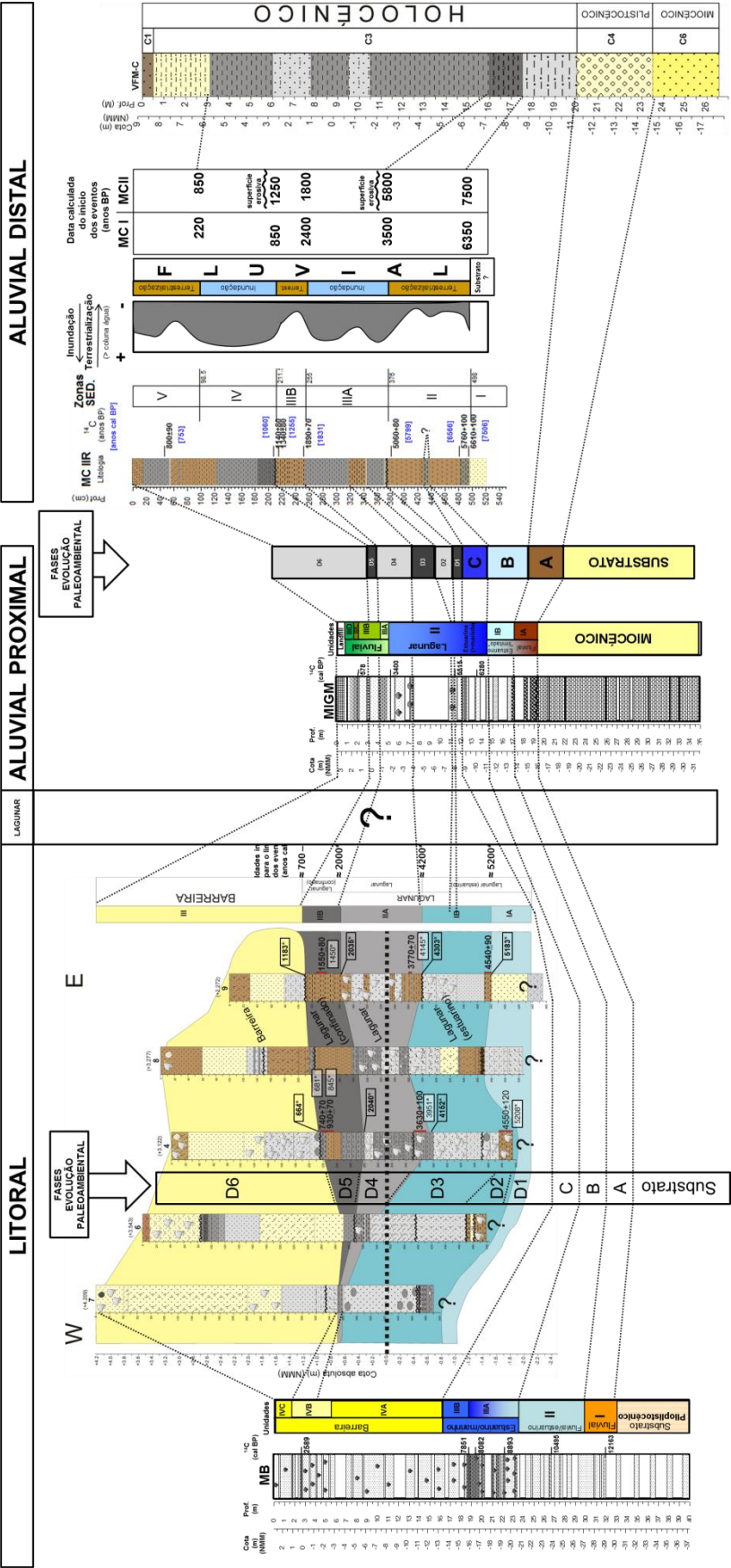
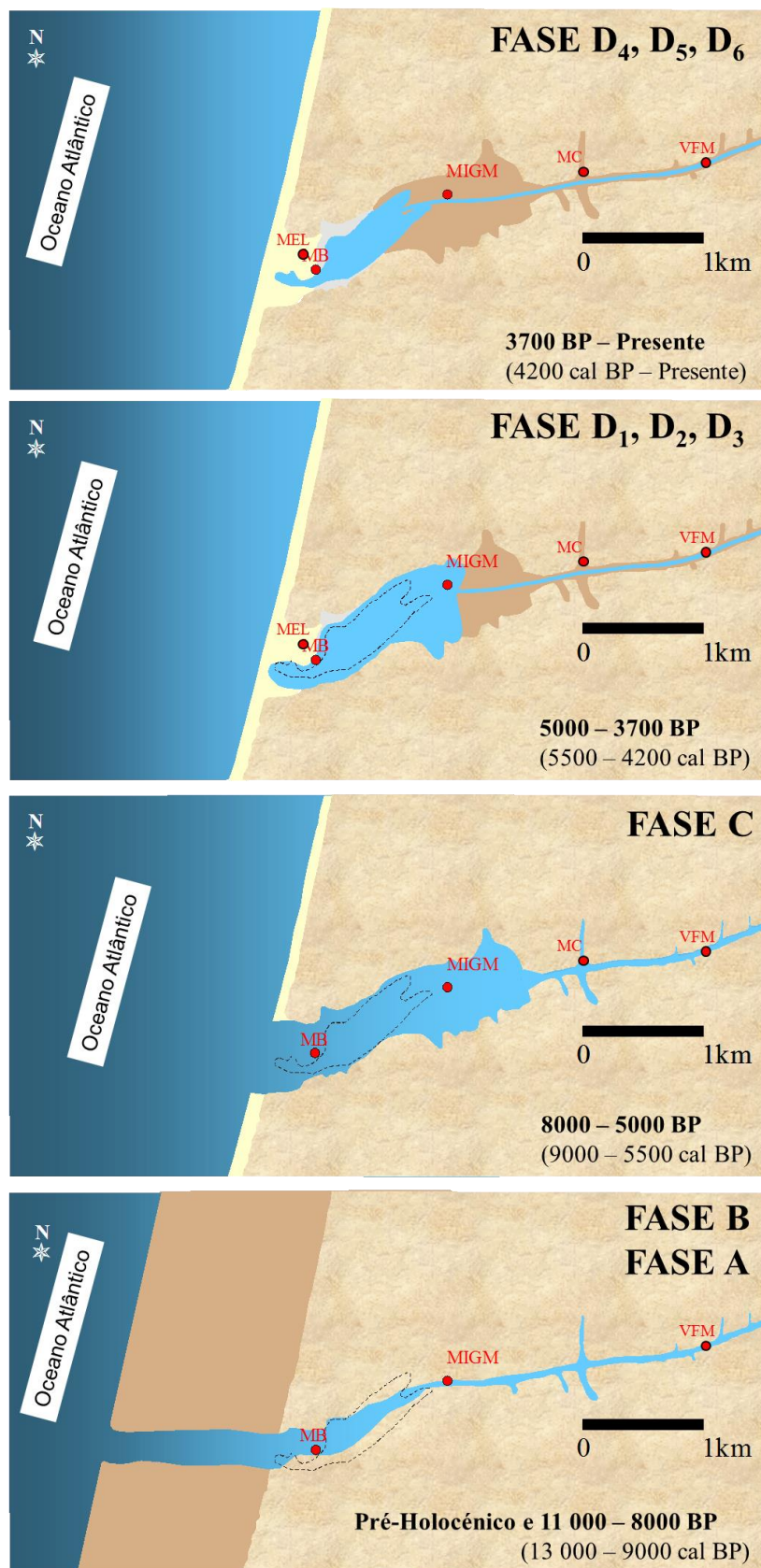
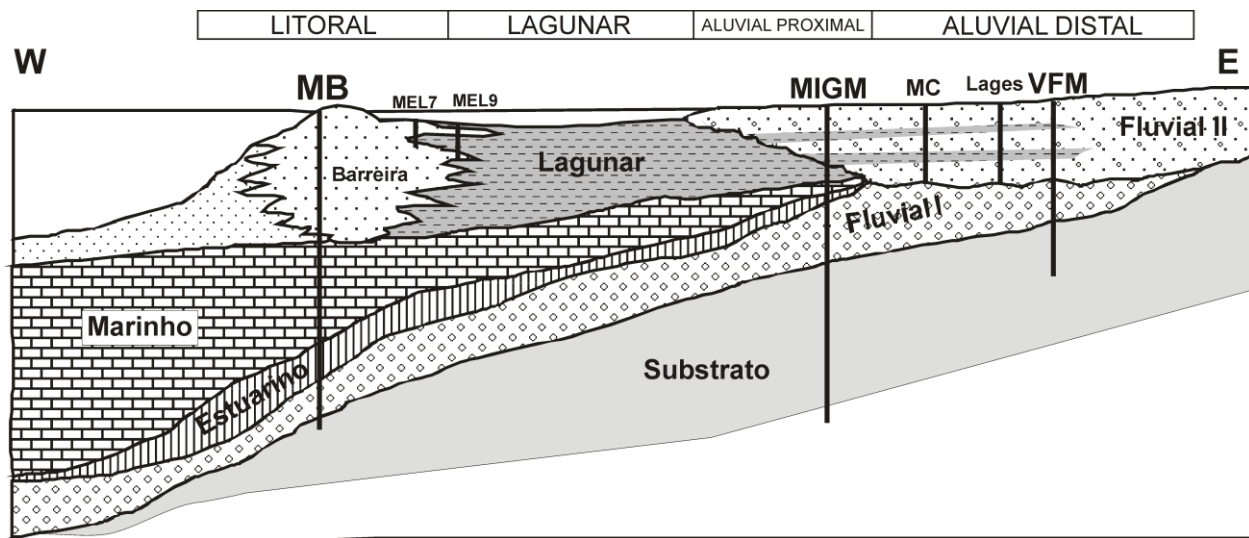


Figura VI.1-92 - Comparação das unidades sedimentares entre várias sondagens dos diferentes domínios (Litoral, Aluvial Proximal e Aluvial Distal) estudados na Lagoa de Melides e interpretação com apresentação das diferentes FASES de EVOLUÇÃO AMBIENTAL para o Holocénico na região de Melides.



**Figura VI.1-93** - Esquema das diferentes FASES de EVOLUÇÃO AMBIENTAL da região de Melides.





**Figura VI.1-94** - Modelo a 2 dimensões da evolução holocénica do paleovale da ribeira de Melides (adaptado de Cachão & Freitas - dados inéditos).

O estudo multidisciplinar de várias sondagens efectuadas nos diferentes domínios da actual laguna de Melides, permitiu a reconstrução ambiental da evolução holocénica deste troço costeiro (**Figura VI.1-94**). Foi encontrada uma excelente correlação entre os vários indicadores utilizados (sedimentologia, geoquímica, pólen, ostracodos, foraminíferos, nanoplâncton calcário). Estes indicadores revelam que durante o auge da última glaciação (ante-holocénico), ao qual está associado um nível do mar 120 m abaixo da cota actual, a incisão fluvial foi responsável pela erosão das formações pouco consolidadas plio-miocénicas (**SUBSTRATO**). Esta actividade fluvial de elevado hidrodinamismo deixou no registo geológico extensa cascalheira (**FLUVIAL I** - plistocénica) que se posiciona a cotas mais baixas no depocentro do paleovale. Com a deglaciação, assiste-se à subida do nível médio do mar que veio inundar o paleovale da ribeira de Melides, inicialmente com “pulsos discretos” (materializada por sedimentação em ambiente salobro) alternando com depósitos essencialmente fluviais azóicos (**ESTUARINO** - 11 000 aos 8000 anos BP; 13 000 - 9000 anos cal BP), tornando-se progressivamente mais acentuados e intensos, adquirindo finalmente carácter francamente marinho (**MARINHO** - 8000 aos 5000 anos BP; 9000 - 5500 anos cal BP). No entanto, este sinal não alcança toda a extensão do vale, penetrando até 1,5 km (sondagem MIGM) da actual posição da embocadura lagunar. Esta sedimentação efectua-se durante um período de elevada taxa de subida do nível médio do mar, que ao promover rapidamente a subida do nível de base impulsiona grande acumulação sedimentar nos paleovales fluviais costeiros. Posteriormente, após 5000 anos BP ou 5500 anos cal BP (**LAGUNAR**), assistiu-se a desaceleração da taxa de subida do nível médio do mar e quando já próximo da cota actual, ocorreu disponibilidade de sedimentos na faixa costeira que proporcionou a instalação de uma barreira arenosa na zona terminal do paleovale da ribeira de Melides, conduzindo ao aparecimento da laguna de Melides. O efeito de abrigo proporcionado pela barreira propicia a redução do hidrodinamismo, promovendo a acumulação de sedimentos texturalmente mais finos. A partir desse momento, toda a evolução sedimentar do espaço a montante desta ocorre em função da sua maior ou menor permeabilidade. A períodos de barra menos

permeável estão associados elevados planos de água lagunar/fluvial que conduzem à acumulação de sedimentos essencialmente vasosos, enquanto em situação inversa, a reduzida espessura da coluna de água conduz o sistema para uma terrestrealização, assistindo-se a uma redução do espaço lagunar. Efectivamente, a montante, a contínua entrada de material sólido continental, via fluvial, é responsável pela progressão da frente fluvial que se encontra já a cobrir antigos depósitos lagunares (**FLUVIAL II**). A jusante, assiste-se principalmente à acreção vertical da barreira arenosa (**BARREIRA**) que no seu bordo sotamar mostra evidências de movimentação progradante cobrindo antigos depósitos lagunares. Entre estes dois domínios fica a actual deposição sedimentar da laguna de Melides fortemente confinada a montante e a jusante pelos depósitos fluviais e de barreira, respectivamente. A frequência das aberturas da barra de maré e os afluxos fluviais de água doce controlam a dinâmica e a salinidade do hidrossoma da laguna.

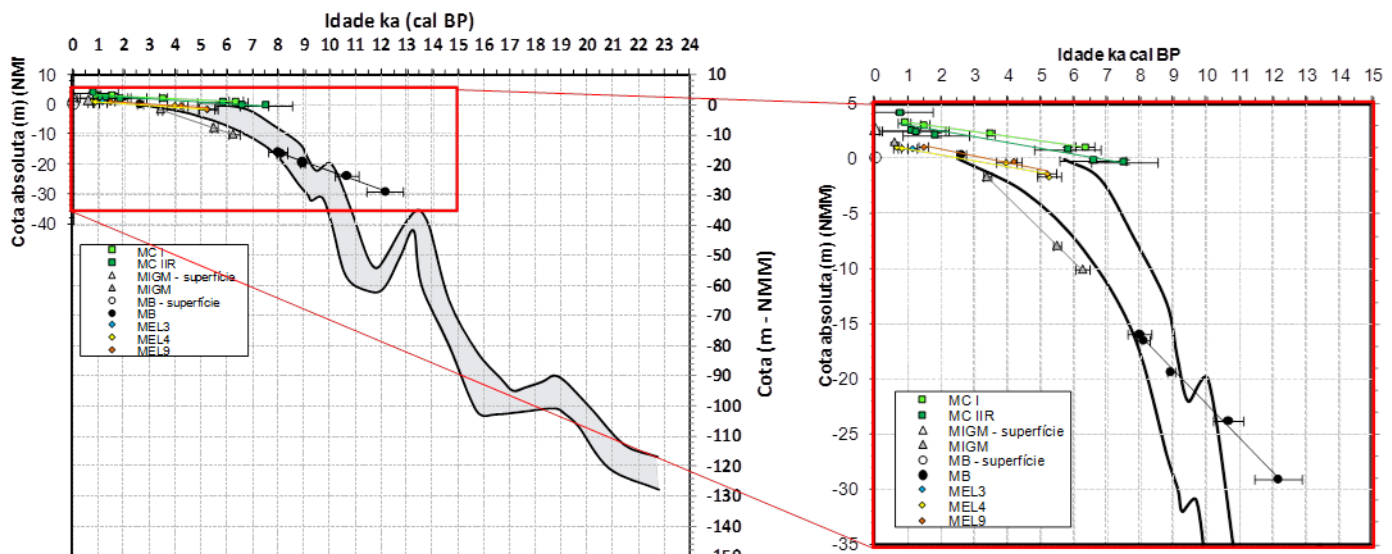
O estudo destas sondagens revela uma sequência transgressiva seguida de uma regressiva, sempre em regime de eustatismo positivo, idêntica à registada noutros sistemas costeiros portugueses (Rios Douro, Minho e Mira; Lagoa de Santo André - ver referências Capítulo III). Efectivamente, das várias curvas de variação do do nível médio do mar propostas para Portugal (ver Capítulo III) apenas a de DIAS (1987) e DIAS *et al.* (2000) proposta inicialmente para a plataforma norte portuguesa, não revela sinal eustático positivo contínuo, registando-se um retrocesso acentuado na subida do nível do mar um pouco antes do início do Holocénico, durante o Dryas Recente, há cerca de 13 500 anos cal BP, onde a posição relativa do nível médio do mar desce 20 m, da cota -40 m para -60 m.

Se compararmos os vários modelos de idade existentes para a região do paleovale da ribeira de Melides (sondagens de jusante para montante: MB, MEL, MIGM, MC) com as diferentes curvas de variação do nível médio do mar propostas para o nosso território (DIAS *et al.* (2000), TEIXEIRA *et al.* (2005) e VIS (2009) (ver Capítulo III)) (**Figura VI.1-95, VI.1-96, VI.1-97, Tabelas VI.1-19 e VI.1-22**), podem inferir-se as seguintes considerações:

- Sondagem MB - o nível mais antigo (10 400 anos BP - 12116 anos cal BP), inserido na unidade basal (considerada como substrato do enchimento holocénico) encontra-se à cota -29,11m (NMM), acima de todas as curvas propostas. Efectivamente, este resultado confirma que o substrato estava acima do nível do mar contemporâneo, em pleno sistema continental. O nível seguinte (9260 anos BB - 10 616 anos cal BP, cota: -23,84m), posiciona-se no limite superior das curvas de DIAS *et al.* (2000) e VIS (2009). Note-se que se trata de uma amostra da unidade II, onde alternam episódios fluviais e estuarinos, pelo que o nível médio do mar estaria muito próximo desta cota. Os três níveis seguintes datados inserem-se todos dentro da unidade IIIA (estuarino/marinho), com sinal importante de influência marinha, pelo que estariam certamente abaixo da posição do nível médio do mar como mostram as imagens. Por último, o nível mais recente encontra-se já na unidade IVC (ambiente de BARREIRA com inundação lagunar), pelo que a sedimentação contemporânea, efectuar-se-ia próximo ou ligeiramente acima do nível do mar, como sugerem as imagens;
- Sondagem MIGM - o nível basal datado (5490 anos BP - 6234 anos cal BP, cota: -10,1 m) e os dois seguintes (4790 anos BP - 5467 anos cal BP, cota: -7,94 m; 3170 anos BP - 3372 anos cal BP; cota: -1,78 m)



correspondem a sedimentação em ambiente marinho e lagunar, respectivamente, pelo que a sedimentação deveria ocorrer abaixo ou próximo do nível médio do mar. Pela observação das **Figuras VI.1-95, VI.1-96, VI.1-97**, verifica-se que estes pontos se posicionam abaixo das curvas, confirmando a afirmação anterior. No entanto, é importante realçar que dependendo da “curva” com a qual se estabelece a comparação, existem diferenças dignas de assinalar. Se compararmos com a base das “curvas” a sedimentação marinha/estuarina dentro do paleovale da ribeira de Melides, terá ocorrido entre 2 e 10 m abaixo do nível médio do mar, atenuando-se esta diferença com a progressiva colmatação do vale. Efectivamente, a diferença altimétrica entre os sedimentos lagunares mais recentes (3170 anos BP) e o nível médio do mar contemporâneo seria inferior a 1 m.

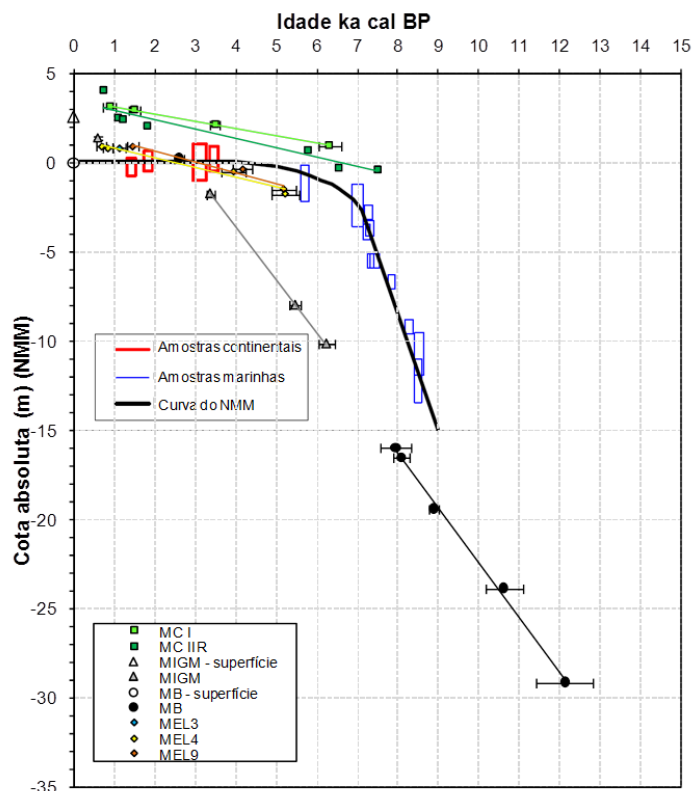


**Figura VI.1-95** - Projecção dos modelos de idade das diferentes sondagens da região de Melides na curva de variação do nível médio do mar para a plataforma Norte Portuguesa desde o último máximo glaciário (DIAS *et al.*, 2000), tendo-se transformado as idades convencionais de radiocarbono em idades calibradas com recurso ao programa CALIB 5.1.

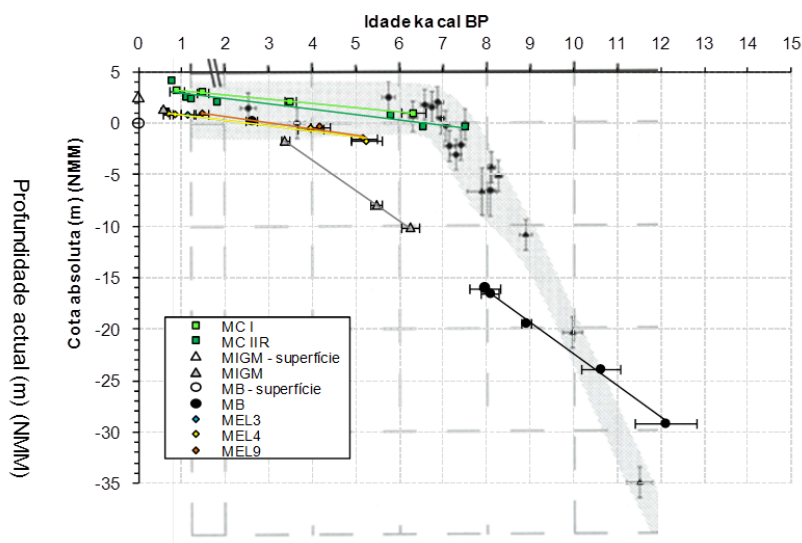
- Sondagens MEL 1 a MEL9 - a totalidade da sedimentação destas sondagens correspondem a ambiente lagunar, após a instalação da barreira arenosa que gerou o “nascimento” da laguna de Melides, num período já em franca desaceleração da taxa de subida do nível do mar. Os níveis datados posicionam-se próximo do nível médio do mar contemporâneo, com diferenças altimétricas, em geral, inferiores a 1m;
- Sondagens MC - contêm sedimentos exclusivamente fluviais, num domínio aluvial distal da linha de costa. Todas as amostras datadas se posicionam acima das curvas de DIAS *et al.* (2000) e TEIXEIRA *et al.* (2005), mas inserem-se dentro da estabelecida por VIS (2009). Esta última curva é a única que revela níveis superiores ao actual nível médio do mar (o que é contestável), devendo ser apenas o reflexo de se tratar de uma sedimentação aluvial distante da linha de costa (na planície do rio Tejo, a maioria, para montante de Muge), tal como nestas sondagens em Melides, sem que isso implique um nível do mar mais elevado que o actual.

Não obstante as considerações anteriores, específicas a cada caso, é importante salientar que os resultados deste trabalho são consentâneos com mais um aspecto revelado por todas as curvas relativas do nível médio do mar para Portugal (ver Capítulo III). O início do Holocénico é marcado por uma taxa mais elevada de subida relativa do nível médio do mar até que há cerca de 6000-7000 anos cal BP se assiste à desaceleração e quase estabilização do nível do mar. No presente estudo não se encontram evidências que apontem a existência, durante o Holocénico, de níveis do mar mais altos que o actual.

**Figura VI.1-96** - A - Curva de variação do nível médio do mar para faixa costeira da região de Quarteira (Algarve - Portugal) (adaptada de TEIXEIRA et al., 2005); B - Projecção dos modelos de idade das diferentes sondagens da região de Melides na curva de variação do nível médio do mar de TEIXEIRA et al. (2005).



**Figura VI.1-97** - A - Curva de variação do nível médio do mar obtida para a região do Tejo - Lisboa (adaptada de VIS, 2009); B - Projecção dos modelos de idade das diferentes sondagens da região de Melides na curva de variação do nível médio do mar de VIS (2009).





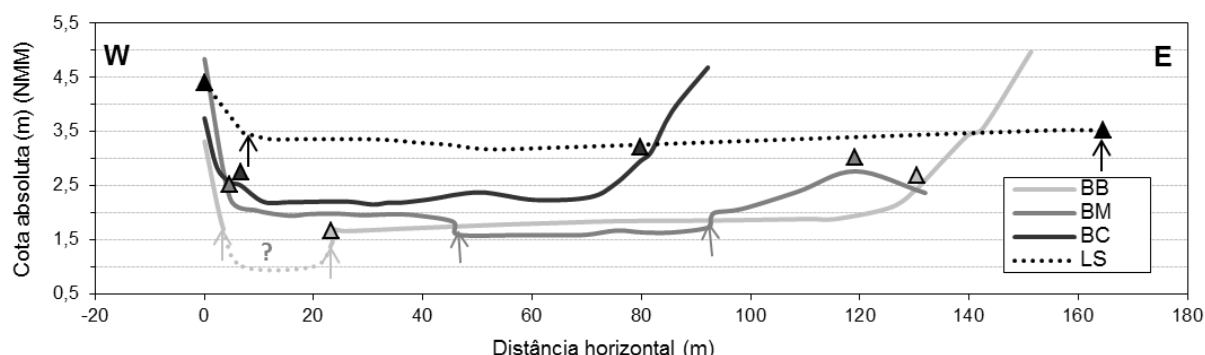
## VI.2 Sistemas Lacustres Interdunares (Interdunares Húmidos)

### VI.2.1 POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO

#### VI.2.1.1 Micro-escala

##### VI.2.1.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso

Na depressão interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo o afloramento do nível freático é sazonal, sendo a inundação maior no final da época das chuvas. Esta depressão, de forma, *grosso modo*, rectangular, regista, no bordo W, no encosto com a duna frontal, as cotas mais baixas, encontrando-se aí a única zona não vegetada (como uma clareira na vegetação), onde é visível o aparecimento de uma “charca”. A cota da base desta zona inundada corresponde à cota mais baixa da depressão dunar e encontra-se aproximadamente a +1,0 m (NMM) (cota da boca da sondagem BxBx5 = +1,03 m - NMM). A nascente dessa clareira, a zona vegetada inicia-se a cota aproximada de +1,40 m - NMM (obtida dia 15/10/2002, equivalente à cota da boca da sondagem BB8A), prolongando-se a cotas que oscilam entre +1,66 m e +2,44 m (cota mínima e máxima da boca das sondagens do perfil E-W para o estudo a macroescala - **Figuras VI.2-1, VI.2-14, Tabela VI.2-3**), até tocar no Complexo Dunar Antigo.



**Figura VI.2-1** - Perfis topográficos da secção transversal ao alinhamento máximo das depressões interdunares dos Poços do Barbaroxa de Baixo (BB), do Meio (BM) e de Cima (BC) e da Lagoa da Sancha (LS). As setas assinalam o início e o fim da zona inundada sem vegetação. Os triângulos assinalam a primeira e a última sondagem do perfil de sondagens efectuado em cada interdunar (ver capítulos VI.2.1.2; VI.2.2.2; VI.2.3.2; VI.2.4.2). Escala vertical sobrelevada 10x.

É nesta zona topograficamente mais baixa que o nível freático permanece mais tempo acima da cota do fundo da depressão (com posicionamento próximo da cota de +1m - NMM<sup>13</sup> - **Figura VI.2-2**) inibindo o aparecimento de vegetação semi-terrestre ou terrestre, típica de zonas de alagamento moderado (pouco acima do nível do solo) ou de humidade permanente (abaixo do nível do solo), respectivamente. A zona alagada sem vegetação tem dimensões de 25 m (E-W) por 60 m (N-S).

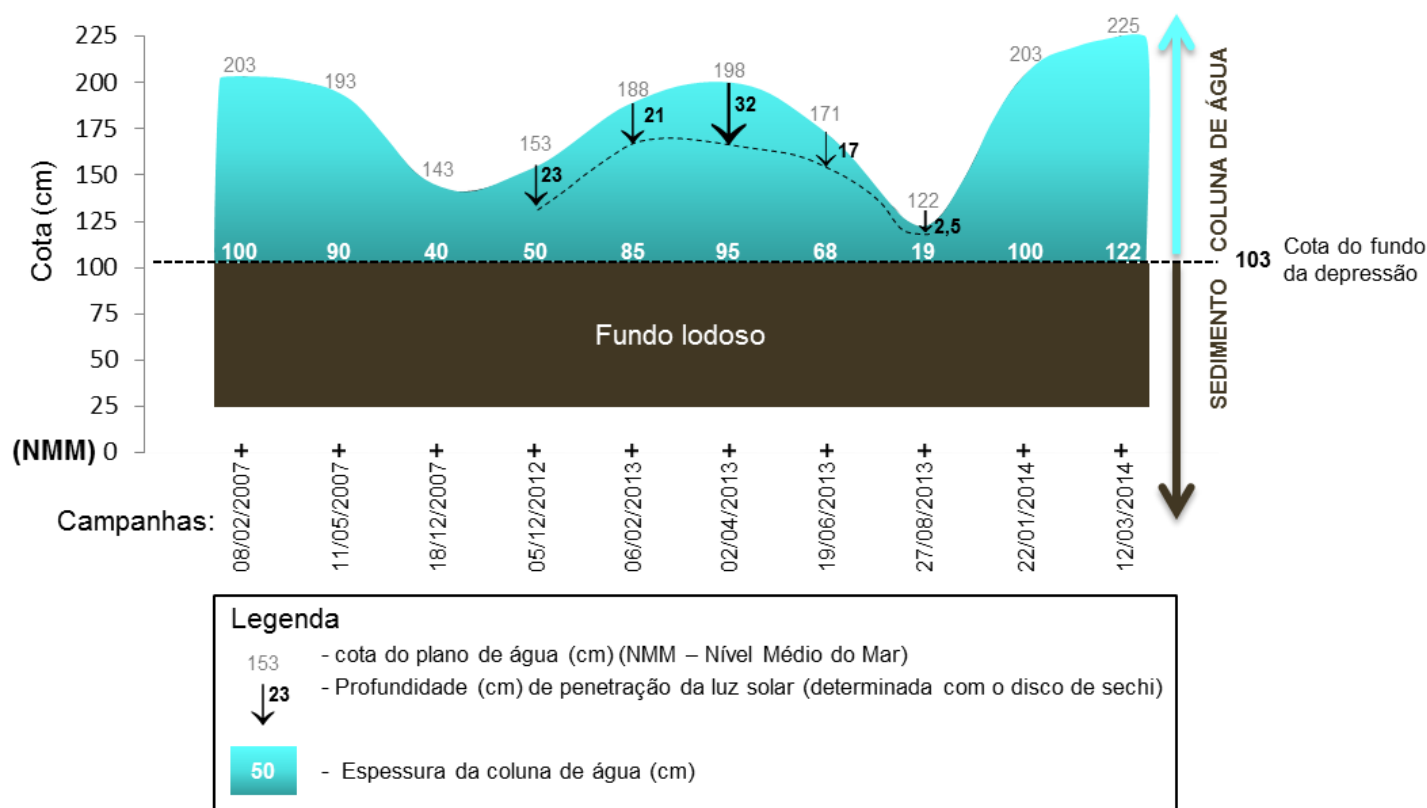
<sup>13</sup> Tendo em conta a espessura da coluna de água observada nas diferentes campanhas de monitorização do hidrossoma. A cota do fundo da depressão foi confirmada em 2011, durante a campanha de recolha das sondagens BxBx3 e BxBx5, quando a altimetria do plano de água e do fundo da depressão foi obtida com DGPS, obtendo-se as cotas de 1.6754m e 1.0354 m (NMM), respectivamente, quando a espessura do hidrossoma era de 64cm.

A espessura da lâmina de água é variável, podendo ter espessuras máximas da ordem de 1,22m, após a época das chuvas - **Figura VI.2-2, VI.2-5A, Anexo V.3 - Foto A.V.3-1A/B/C, Foto A.V.3-2A**), como registado em Março de 2014. Durante a época estival pode registar-se uma diminuição do perímetro molhado, ficando parte ou a totalidade fundo lodoso exposto (**Anexo V.3 - Foto A.V.3-1D/E/F**), mas é um fenómeno de curta duração (entre 2002 e 2014 nunca se observaram fendas de dessecação importantes nesses sedimentos ao contrário do que se observa nos sedimentos da Lagoa da Sancha - ver item VI.2.4). A variação da espessura da coluna de água resulta das oscilações sazonais do nível freático regional, pelo que se pode afirmar que a diferença entre a espessura do hidrossoma no final da época pluviosa e no máximo do estio, não deve exceder em muito os 120 cm (**Tabela VI.2-1**). As campanhas de monitorização permitiram avaliar as modificações da transparência da massa hídrica (turbidez), verificando-se que é reduzida, provavelmente em consequência da presença importante de matéria orgânica em suspensão, que lhe confere uma coloração fortemente acastanhada (**Anexo V - Foto A.V.3-2B/D/E**). Enquanto se observou a presença de um hidrossoma, não se registou a penetração da luz solar até ao fundo mesmo quando a sua espessura se reduziu a escassos 20 cm. Efectivamente, em épocas de elevada espessura da massa de água (próxima de 1 m), a luz solar não ultrapassou os cerca de 30 cm, reduzindo-se a escassos 2,5 cm quando o hidrossoma apresentava 20 cm de espessura (**Figura VI.2-2**). Aponta-se a evaporação durante a época estival como principal responsável do aumento da concentração de sais e matéria orgânica, que dificultarão a penetração da luz.

**Tabela VI.2-1 - Características físico-químicas das águas dos Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima e da Lagoa da Sancha. Valores máximos e mínimos registados na totalidade das campanhas.**

			Barbaroxa de BAIXO		Barbaroxa do MEIO		Barbaroxa de CIMA		Lagoa da SANCHÁ	
			Máximo	mínimo	Máximo	mínimo	Máximo	mínimo	Máximo	mínimo
medido no campo (in situ)	Prof.	(m)	1.22	0.0	0.5	0.0			0.9	0.0
	Temperatura	(°C)	26.6	9.5	27.0	10.1	18.7	18.7	28.0	12.0
	Salinidade	(‰)	3.8	0.2	0.8	0.4	0.9	0.9	12.0	0.0
		Classificação	Oligohalina	Doce	Oligohalina	Doce	Oligohalina	Oligohalina	Mesohalina	Doce
	Condutividade	(mS/cm)	6.7	0.9	1.4	1.3	1.6	1.6	7.5	0.1
	O.D.	(mg/L)	10.34	0.06	3.80	3.70			13.00	2.75
	% Saturação O.D.	(%)	116.0	0.6	34.18	33.85			116.1	41.1
		Classificação	Saturada	Sub-saturada	Sub-saturada	Sub-saturada			Saturada	Sub-saturada
	Turbidez	(FTU)							42	2.2
	Transparência	(cm)	32.0	2.5						
	pH	valor	7.46	5.88	6.18	5.88	5.00	5.00	8.00	2.72
		Classificação	Fracamente alcalino	Ligeiramente ácido	Ligeiramente ácido	Ligeiramente ácido	Ácido	Ácido	Alcalino	Ácido
Eh	(mV)	200	-112	-47	-153	-132	-132	576	315	
TDS	(mg/L)	1958	902	1450	1270			1185	0	

Entre 2002 e 2014, nas 12 campanhas realizadas (2 em 2002, 3 em 2007, 1 em 2012, 4 em 2013 e 2 em 2014), os parâmetros físico-químicos medidos no hidrossoma aflorante da depressão interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo, indicam a presença de águas maioritariamente oligohalinas, subsaturadas, ligeiramente ácidas a neutras e com características próximas de ambientes anóxicos/redutores (**Figura VI.2-3, Figura VI.2-4, Tabela VI.2-1, Tabela VI.2-2**).



**Figura VI.2-2** - Variação da cota do plano de água no Poço do Barbaroxa de Baixo nas diferentes campanhas. Relação entre a espessura da coluna de água e a penetração da luz solar.

É notória uma variação da salinidade em função da época do ano, registando-se os valores mais elevados na época do Verão, contemporaneamente com a reduzida espessura da coluna de água e com as temperaturas mais altas (**Figura VI.2-3B**, **Figura VI.2-5A**), pelo que a evaporação pode ser uma das causas do aumento da salinidade. Este aumento da concentração de sais na água, embora de pequena expressão (o valor mais elevado de salinidade é de 3,8 ‰), é suficiente para produzir um incremento do pH da água, passando de ligeiramente ácido a neutro (**Figura VI.2-3A**). Uma outra causa para o aumento da salinidade pode ser a ocorrência de galgamentos oceânicos sobre a zona de menor altimetria do cordão frontal arenoso, imediatamente a norte da depressão e coincidente com o acesso à Praia do Porto das Carretas (ou Praia de Monte Velho), durante as épocas de temporal. Estes galgamentos embora muito raros foram relatados à autora, pela população local. Estes eventos extremos conduzem à entrada de água salgada na depressão misturando-se com a água doce subterrânea que aflora neste interdunar. Este facto pode justificar os valores mais elevados na salinidade/conductividade neste interdunar comparativamente aos dois interdunares imediatamente a sul - Poços do Barbaroxa do Meio e de Cima (**Tabela VI.2-1**, **Figura VI.2-3B**, **Figura VI.2-5A**), que não recebem esta contribuição de água oceânica, por se encontrarem mais distanciados e protegidos.

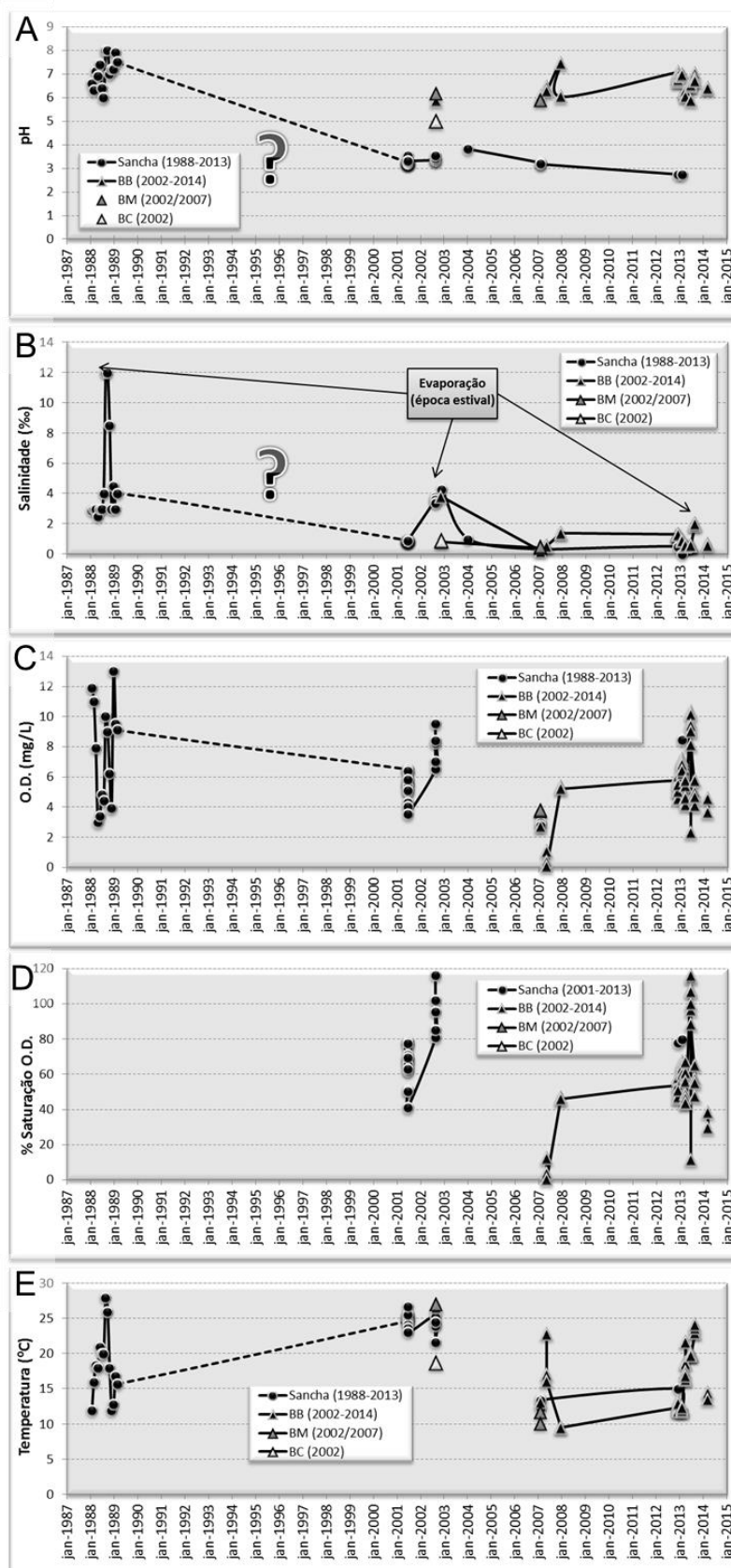
Os valores de alcalinidade (31- 47 mg/L), de dureza total (130 - 360mg/L), de  $\text{HCO}_3^-$  (37 - 57 mg/L) e os valores muito baixos de  $\text{CO}_2$  livre (1,8 - 3,5 mg/L), são compatíveis com os teores de  $\text{H}_2\text{S}$  (**Figura VI.2-5**), resultantes de águas com reduzida oxigenação em ambiente anóxico, tal como anteriormente

referido. A forte coloração acastanhada da água (*Anexo V - Foto A.V.3-2B/D/E*) faz suspeitar de importante quantidade de matéria orgânica dissolvida, responsável pelo rápido consumo de oxigénio, mesmo num espelho de água exposto às influências atmosféricas.

**Tabela VI.2-2 - Características físico-químicas das águas dos Poços do Barbaroxa de Baixo e da Lagoa da Sancha. Valores máximos e mínimos registados na totalidade das campanhas.**

		Barbaroxa de BAXO		Lagoa da SANCHA				Barbaroxa de BAXO		Lagoa da SANCHA	
		Máximo	mínimo	Máximo	mínimo			Máximo	mínimo	Máximo	mínimo
nutrientes	clorofila a	(mg/m <sup>3</sup> )		63.0	0.5	Elementos com maior afinidade maninha		Ag	µg/L	0.4	0.2
	feopigmentos	(mV)		20.1	0.6			Al	µg/L	100	99
	Alcalinidade	(mg/L) CaCO <sub>3</sub>	46.5	30.5	0.0			As	µg/L	3.08	2.11
	Dureza total	(mg/L) CaCO <sub>3</sub>	360	130	240			Be	µg/L	0.1	0.1
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	56.73	37.21	0			Bi	µg/L	0.3	0.3
	CO <sub>2</sub> livre	(mg/L) CO <sub>2</sub>	3.5	1.8	38.3			Cd	µg/L	0.03	0.03
	H <sub>2</sub> S	mmol/L H <sub>2</sub> S	0.0028	0.0024	0.0016			Co	µg/L	0.08	0.02
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.80	0.80	0.80			Cr	µg/L	0.5	0.5
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	69.68	25.24	38.30			Cs	µg/L	0.07	0.05
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0.80	0.80	1.18			Cu	µg/L	7.8	6.4
Elementos das Terres Raras	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	334.20	69.76	298.86	Elementos das Terres Raras		Fe	µg/L	1010	540
	Amónia	mg/L	0.00	0.00	0.88			Ga	µg/L	0.02	0.02
	Silicatos	mg/L	0.00	0.00	8.89			Ge	µg/L	0.02	0.01
	Ca	mg/L	32.0	16.8	19.7			Hf	µg/L	0.009	0.008
	Mg	mg/L	75.3	21.4	43.7			Hg	µg/L	0.2	0.2
	Sr	mg/L	0.2	0.2	0.2			In	µg/L	0.001	0.001
	Br	mg/L	0.5	0.5	0.5			K	µg/L	17500	14500
	Cl	mg/L	732.3	269.2	267.2			Li	µg/L	6	5
	F	mg/L	0.5	0.1	3.3			Mn	µg/L	29.4	2.5
	Na	mg/L	531.0	249.0	141.0			Mo	µg/L	0.3	0.3
Elementos das Terres Raras	Ba	µg/L	72.3	58.8	22.7			Nb	µg/L	0.023	0.017
	La	µg/L	0.297	0.296	17.1			Ni	µg/L	1.6	1.3
	Ce	µg/L	0.277	0.24	33.8			Pb	µg/L	6.46	3.34
	Pr	µg/L	0.039	0.038	3.87			Rb	µg/L	28.5	23
	Nd	µg/L	0.175	0.174	15.7			Sb	µg/L	0.62	0.56
	Sm	µg/L	0.062	0.056	4.32			Sc	µg/L	2	1.9
	Eu	µg/L	0.014	0.014	1.12			Se	µg/L	0.2	0.2
	Gd	µg/L	0.059	0.054	4.13			Si	µg/L	7200	6400
	Tb	µg/L	0.01	0.009	0.611			Sn	µg/L	0.3	0.2
	Dy	µg/L	0.053	0.044	2.98			Ta	µg/L	0.002	0.001
Elementos das Terres Raras	Ho	µg/L	0.011	0.01	0.544			Te	µg/L	0.1	0.1
	Er	µg/L	0.036	0.031	1.4			Th	µg/L	0.033	0.03
	Tm	µg/L	0.005	0.005	0.164			Ti	µg/L	2	1.9
	Yb	µg/L	0.056	0.043	1.09			Tl	µg/L	0.019	0.014
	Lu	µg/L	0.01	0.01	0.157			U	µg/L	0.339	0.044
								V	µg/L	0.6	0.1
								W	µg/L	0.02	0.02
								Y	µg/L	0.43	0.39
								Zn	µg/L	22	18.6
								Zr	µg/L	0.34	0.27





**Figura VI.2-3** - Evolução temporal, entre 1988 e 2014, das características físico-químicas do hidrossoma dos interdunares:

BB - Poço do Barbaroxa de Baixo;

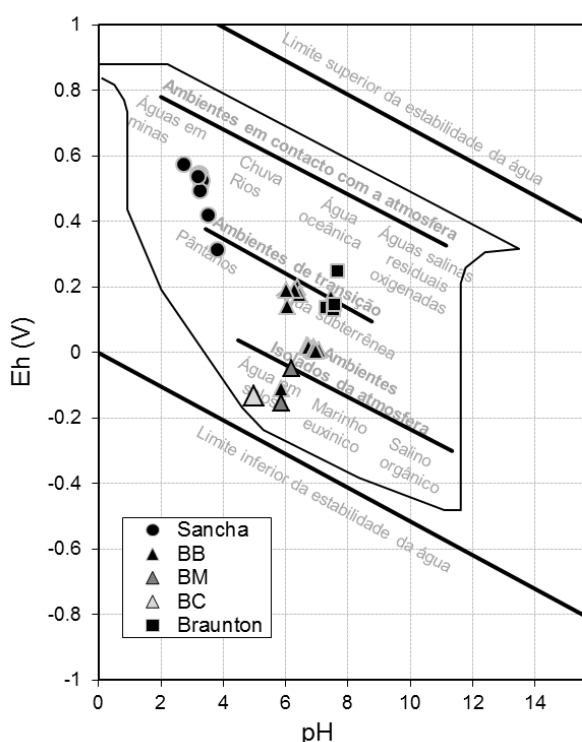
BM - Poço do Barbaroxa do Meio;

BC - Poço do Barbaroxa de Cima;

Sancha - Lagoa da Sancha.

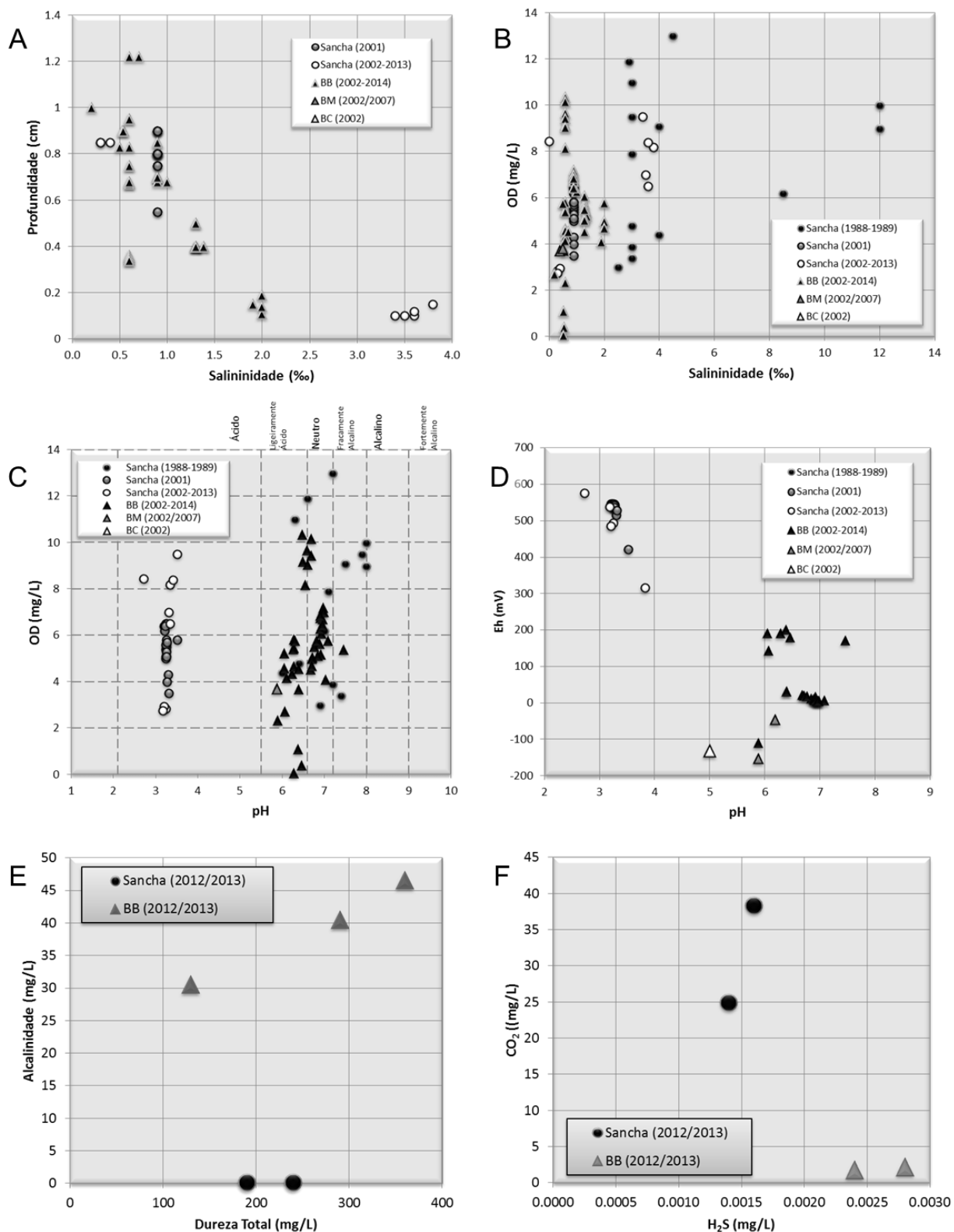
(Dados: 1988-1989 - Cancela da Fonseca et al., 1999; 2001-2014 - presente trabalho).

Os resultados de algumas das espécies catiónicas ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) e aniónicas ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) indicam que estas águas têm concentrações baixas, próximas das águas doces fluviais (**Figura VI.2-6**, **Figura VI.2-7**), embora se note um gradiente reduzido de mistura com a componente oceânica (**Figura VI.2-6**). Não obstante as concentrações destas espécies serem baixas, a proporção entre elas não é semelhante à assinatura geoquímica das águas fluviais, ricas em  $\text{HCO}_3^-$  e em  $\text{Ca}^{2+}$  (**Figura VI.2-6A**), tal como se observa noutros interdunares litorais, nomeadamente na região SW de Inglaterra (ALLEN *et al.*, 2014 - **Figura VI.2-7C**). Com efeito, as águas do interdunar Barbaroxa de Baixo apresentam, embora com valores bastante mais baixos, proporções idênticas às registadas nas águas oceânicas, sendo os iões mais abundantes, por ordem decrescente, o  $\text{Cl}^-$ , o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{SO}_4^{2-}$  (**Figura VI.2-7B/D/F**). A presença abundante destas três espécies com afinidade marinha, entre outras, como o Sr, o Br, o F e o Ba (**Figura VI.2-8A**), atesta a influência do sistema marinho nestes interdunares, mais acentuada na campanha de 2012, podendo resultar de galgamentos esporádicos ou mesmo da dispersão de aerossóis marinhos. Efectivamente, quando se observam as concentrações dos outros elementos químicos, nomeadamente os considerados com maior afinidade continental, onde se incluem os Elementos das Terras Raras, verifica-se que estas águas são empobrecidas nestes elementos (**Figura VI.2-9A**, **VI.2-10A**). O aparente empobrecimento destas águas em elementos continentais, deve-se à ausência destes no substrato do interdunar do Barbaroxa de Baixo, composto essencialmente por turfas e lodos turfosos (ver item VI.2.1.2 Macro-escala). A corroborar esta hipótese está também a baixa concentração em alguns “metais pesados” (Fe, Mn, Co, Ni, Cd, Cu, Zn, Cr, Pb, As) geralmente utilizados como indicadores na avaliação da contaminação pelas actividades antrópicas (**Figura VI.2-11A**). A projecção no Diagrama de Ficklin (Plumlee *et al.*, 1999 - que nos permite classificar as águas de acordo com o pH *versus* o somatório dos principais metais pesados), usado para classificar águas em domínios afectados por contaminação em “metais pesados”), coloca o hidrossoma do BB no campo das águas aproximadamente neutras, com teor baixo de metais pesados (**Figura VI.2-12**).



Uma outra característica que distingue estas águas das da Lagoa da Sancha é o seu teor de nitratos mais elevado, chegando a atingir cerca de 70 mg/L (**Figura VI.2-13**). Este facto pode ser consequência de uma maior quantidade de matéria orgânica em degradação no sistema.

**Figura VI.2-4** - Posicionamento das águas dos interdunares do Poço do Barbaroxa de Baixo (BB), do Barbaroxa do Meio (BM), do Barbaroxa de Cima (BC), da Lagoa da Sancha (Sancha) e das águas subterrâneas de quatro interdunares do sistema dunar litoral de Braunton, no SW de Inglaterra (ALLEN *et al.*, 2014), no diagrama de Eh *versus* pH de Lagmuir (1997).



**Figura VI.2-5** - Relação entre pares de parâmetros registados nos hidrossomas dos interdunares húmidos: Poço do Barbaroxa de Baixo (BB), Poço do Barbaroxa do Meio (BM); Poço do Barbaroxa de Cima (BC) e Lagoa da Sancha (Sancha) (Dados: 1988-1989 - Cancela da Fonseca et al., 1999; 2001-2014 - presente trabalho).

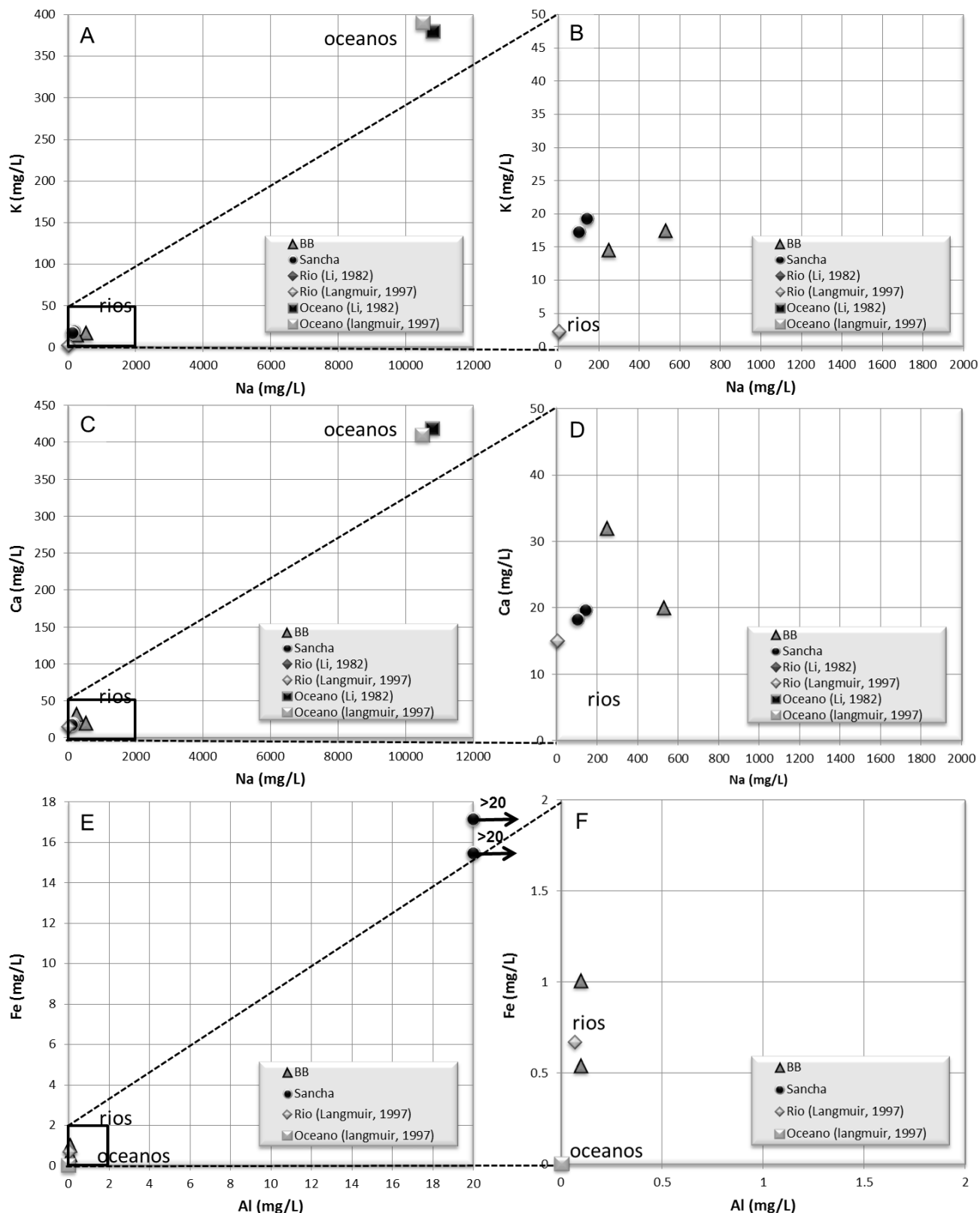
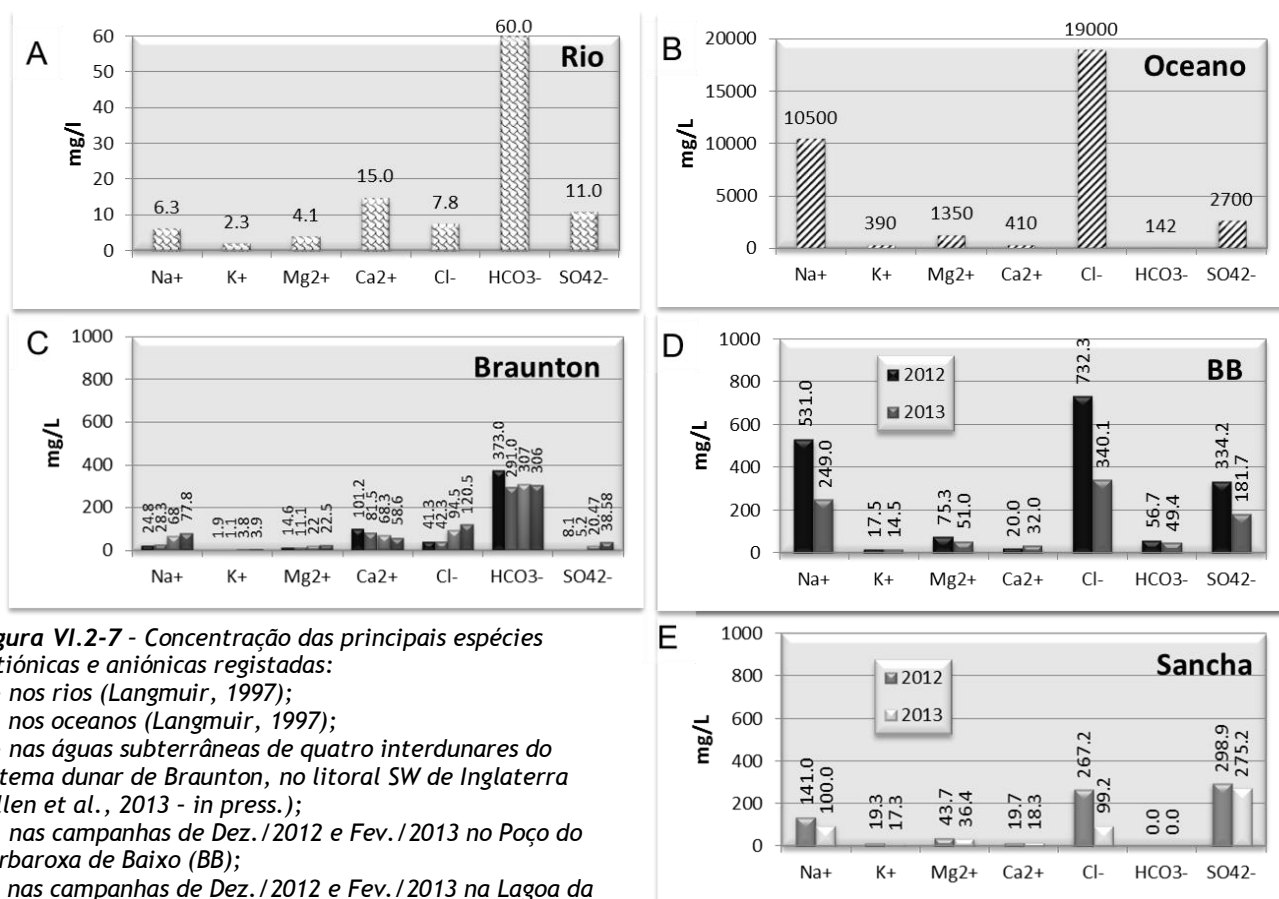
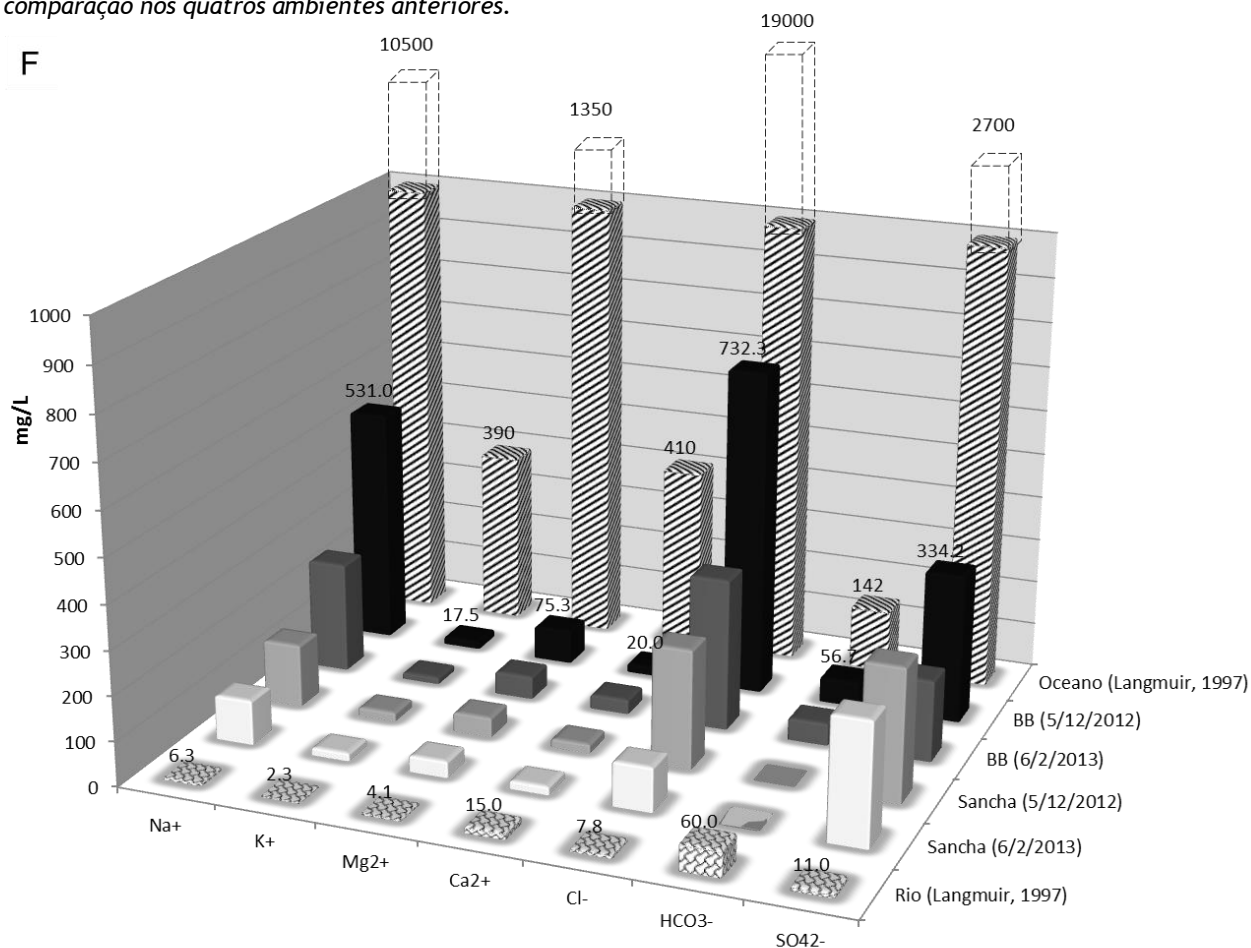
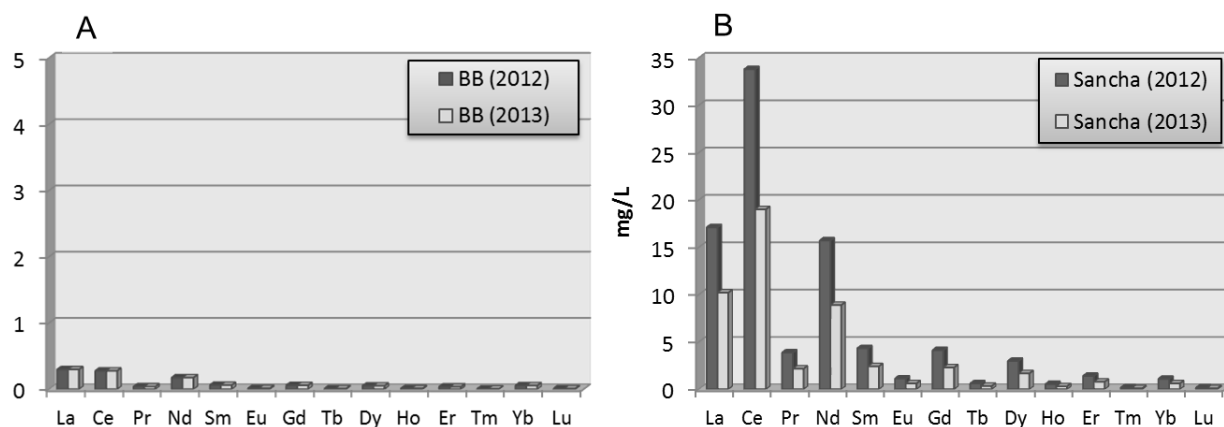
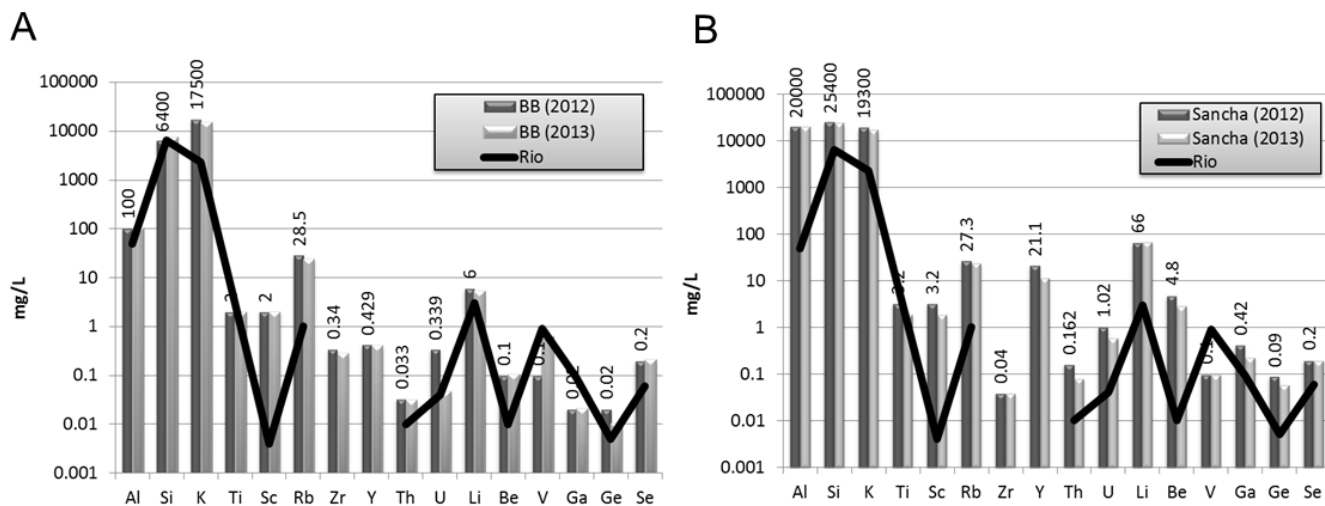
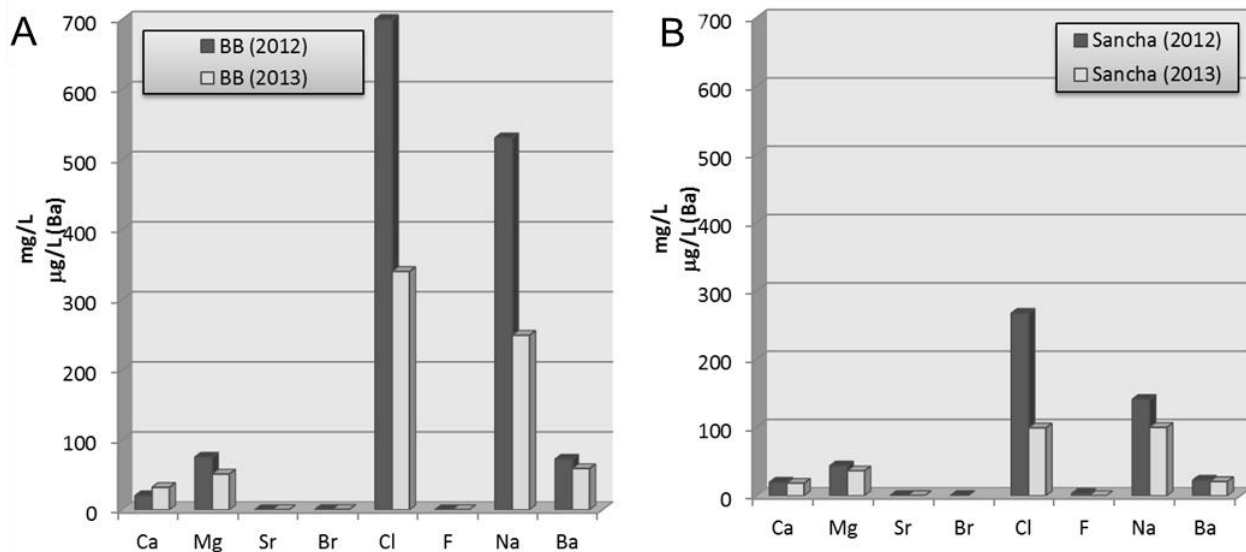


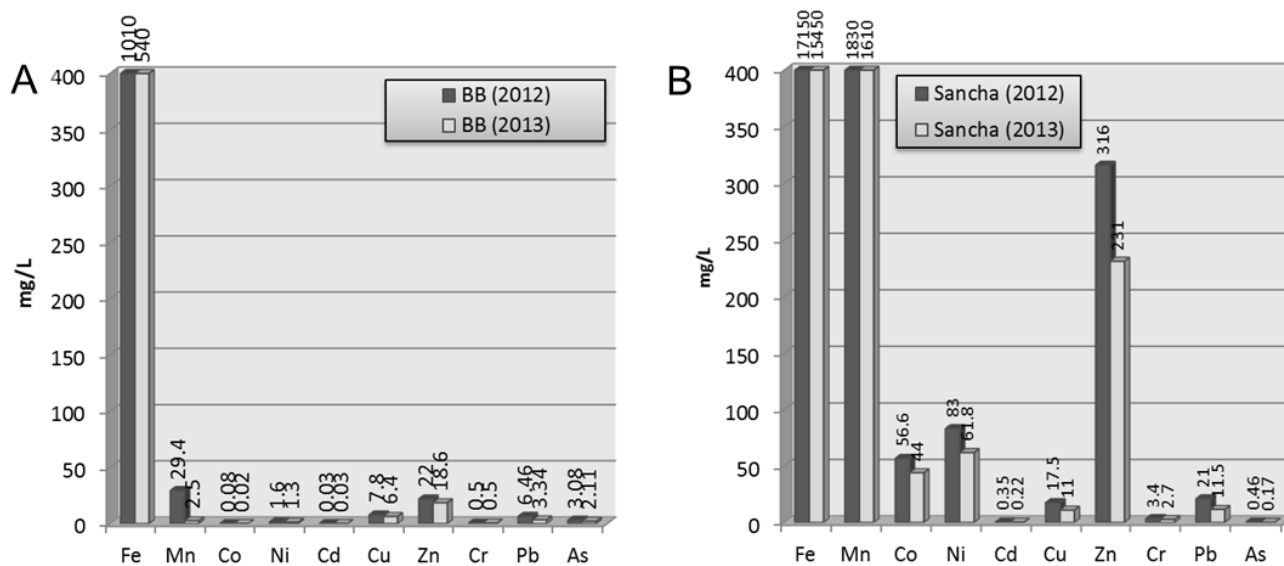
Figura VI.2-6 - Comparação dos teores das águas do Barbaaroxa de Baixo (BB) e das águas da Lagoa da Sancha (Sancha) (campanhas de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013) de com os registados em Rios (Li, 1982; Langmuir, 1997) e Oceanos (Li, 1982; Langmuir, 1997).



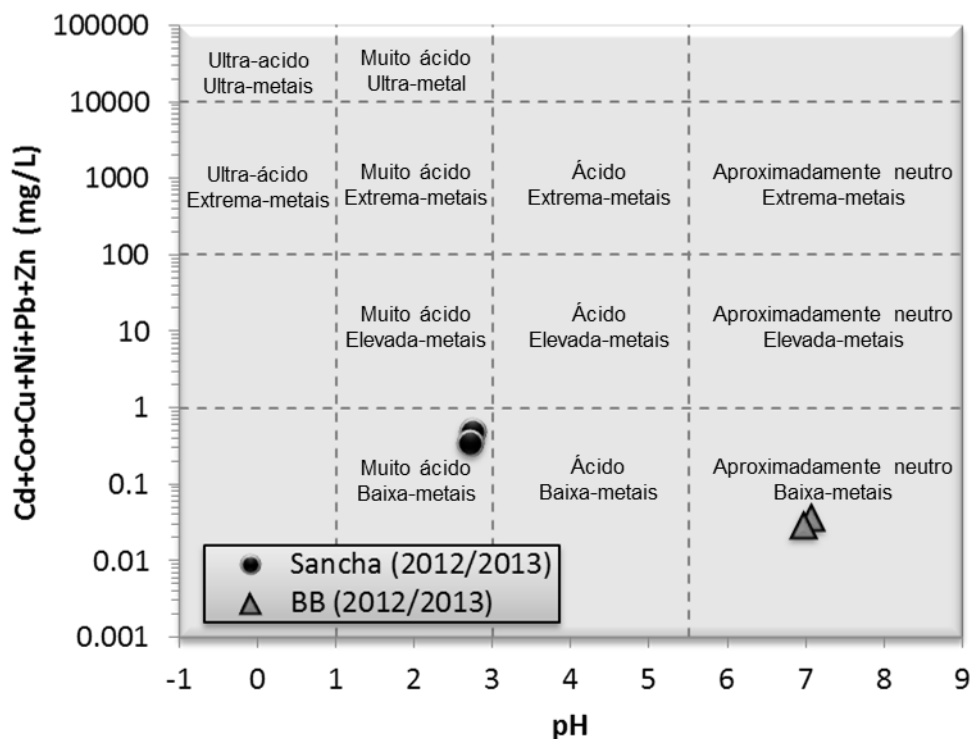
**Figura VI.2-7 - Concentração das principais espécies catiónicas e aniónicas registadas:**  
A - nos rios (Langmuir, 1997);  
B - nos oceanos (Langmuir, 1997);  
C - nas águas subterrâneas de quatro interdunares do sistema dunar de Branton, no litoral SW de Inglaterra (Allen et al., 2013 - in press.);  
D - nas campanhas de Dez./2012 e Fev./2013 no Poço do Barbaroxa de Baixo (BB);  
E - nas campanhas de Dez./2012 e Fev./2013 na Lagoa da Sancha (Sancha);  
F - por comparação nos quatros ambientes anteriores.





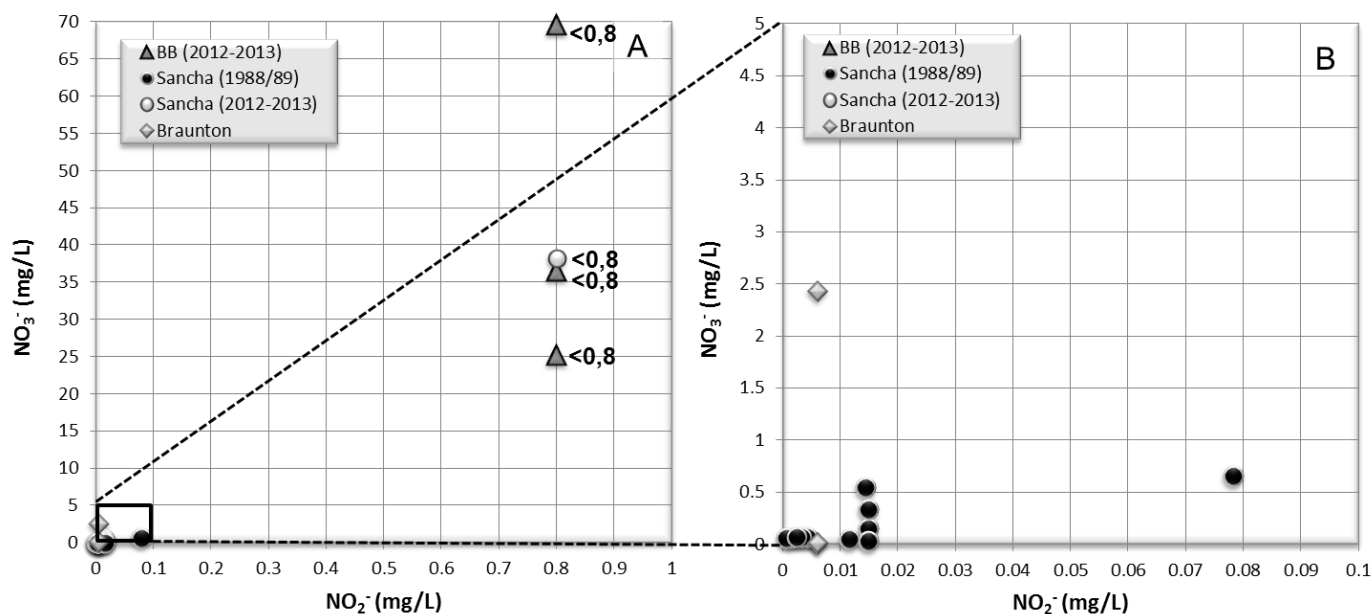


**Figura VI.2-11** - Resultado da análise química elementar referente aos principais “metais pesados” e As, considerados em estudos de avaliação da contaminação, obtidos nas campanhas de 2012-2013: A - Poço do Barbaroxa de Baixo (BB); B - Lagoa da Sancha (Sancha).



**Figura VI.2-12** - Quimismo das águas do Poço do Barbaroxa de Baixo (BB) e da Lagoa da Sancha (Sancha), no Diagrama de Ficklin (adaptado de Plumlee et al., 1999).





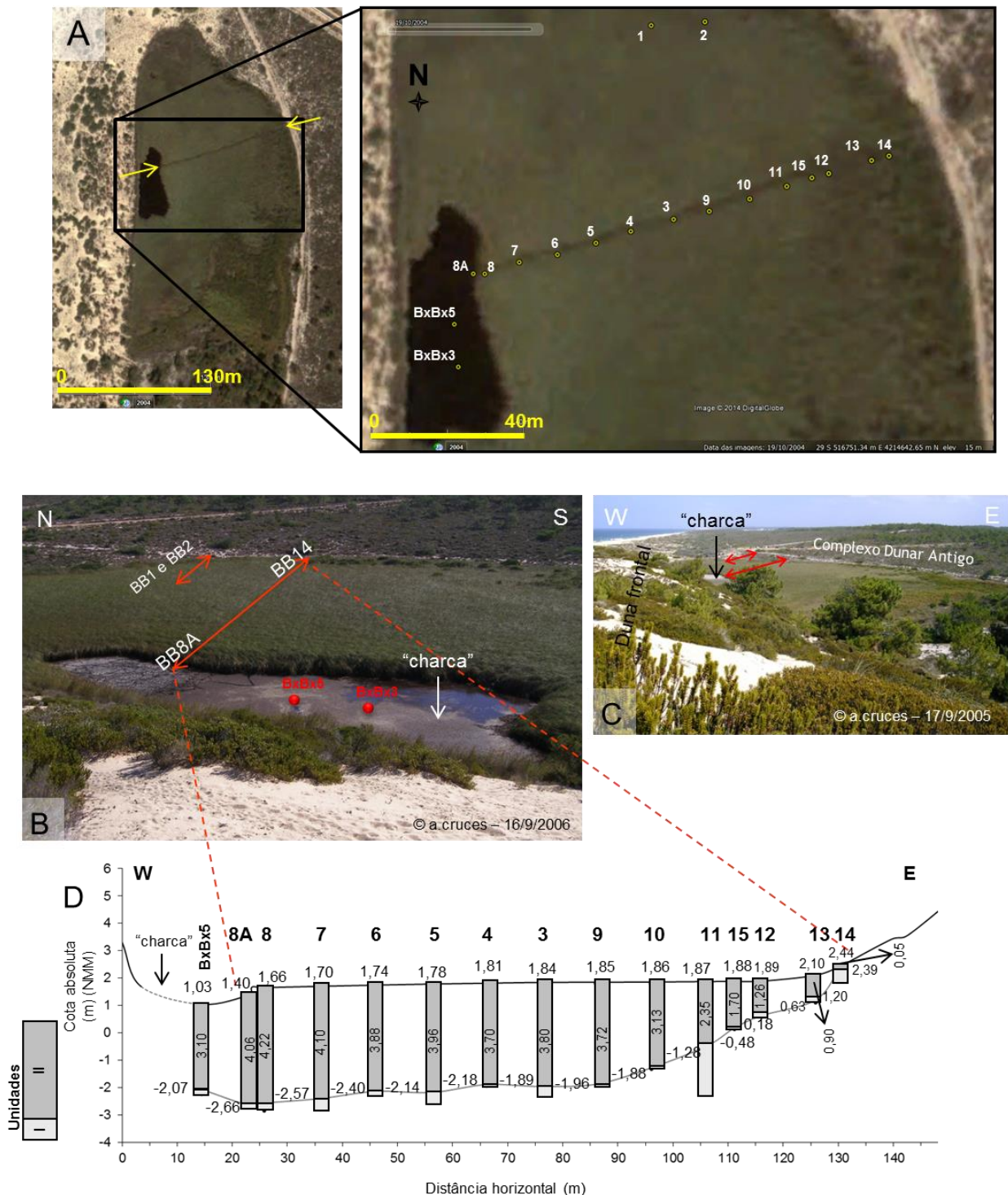
**Figura VI.2-13** - Teor de nitritos e nitratos registados nos hidrossomas dos interdunares húmidos: Poço do Barbaroxa de Baixo (BB), Poço do Barbaroxa do Meio (BM); Poço do Barbaroxa de Cima (BC); Lagoa da Sancha (Sancha) (Dados: 1988-1989 - Cancela da Fonseca et al., 1999; 2001-2013 - presente trabalho); águas subterrâneas de quatro interdunares do sistema dunar de Branton, no litoral SW de Inglaterra (ALLEN et al., 2014) (<0,8, significa abaixo do limite de detecção).

#### VI.2.1.2 MACRO-ESCALA

##### VI.2.1.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico

A presença de água no bordo W da depressão dificultou a realização de um perfil completo E-W na região central do interdunar, mas as 14 sondagens efectuadas no enchimento sedimentar ao longo do perfil (“incompleto”) (**Figura VI.2-14**) permitiram caracterizar a sua estrutura e geometria. A estes resultados acrescentam-se alguns dados das sondagens BxBx3 e BxBx5 efectuadas em 2011, no centro da zona não vegetada (“charca”). Embora o contacto entre o enchimento e o Complexo Dunar Antigo (CDA) subjacente não tenha sido observado na zona mais ocidental, pela dificuldade anteriormente referida, pode afirmar-se que o enchimento apresenta em secção transversal (E-W) forma lenticular, biselando lateralmente, para nascente. Tem espessura máxima de 4,22 m (sondagem BB8) e assenta em substrato arenoso (CDA) (**Figura VI.2-14**, **Tabela VI.2-3**).

O fundo da depressão interdunar (coincidente com o limite entre o enchimento essencialmente orgânico e o CDA) é, na secção E-W, assimétrico, posicionando-se a zona mais baixa a W (sondagem BB8A), com cota de -2,66 m abaixo do nível médio do mar. Nessa zona o contacto entre o CDA e o enchimento é praticamente horizontal ( $0,7^\circ$ ). Para nascente, o flanco barlavento revela uma inclinação de  $6,3^\circ$ , contrastando com os  $17,5^\circ$  observados na aba sotavento da duna frontal que limita este interdunar a ocidente (**Figura VI.2-15**).



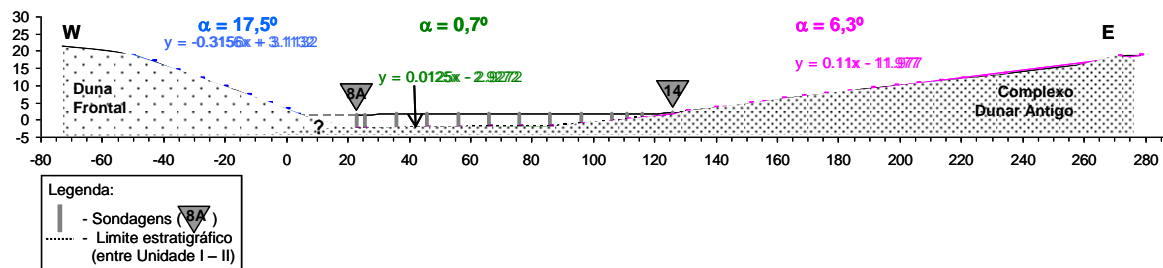
**Figura VI.2-14 - Sondagens W-E efectuadas no Poço do Barbaroxa de Baixo.**

A - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BB3 a BB15, localização das sondagens de prospecção BB1 e BB2 e indicação da posição das sondagens efectuadas dentro da zona não vegetada (BxBx3 e BxBx5) (imagem Google Earth);

B - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BB3 a BB15, localização das sondagens de prospecção BB1 e BB2 e das BxBx3 e BxBx5 (fotografia oblíqua);

C - idem mas observando-se melhor o enquadramento do interdunar localizado imediatamente a leste do cordão dunar frontal;

D - perfil topográfico do alinhamento de sondagens (transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar); nele se incluem as sondagens com a respectiva altimetria relativamente ao NMM, a espessura máxima da unidade II (orgânica) e a cota (m - NMM) do limite entre as unidades I e II, (escala vertical sobrelevada 5x).



**Figura VI.2-15** - Perfil topográfico E-W (realizado com estação total) sobre a Duna Frontal (W) e o Complexo Dunar Antigo (E) contendo o perfil das sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo, (escala horizontal = escala vertical). A continuação do complexo dunar sob o enchimento sedimentar orgânico corresponde ao contacto entre as unidades estratigráficas definidas (Unidade I e II). O ângulo  $\alpha$  de cada secção foi calculado tendo em conta que  $\tan \alpha = \text{declive}$ .

**Tabela VI.2-3** - Profundidade máxima atingida em cada uma das sondagens efectuadas no Poço do Barbaroxa de Baixo, espessura atravessada de cada unidade e número de amostras analisadas.

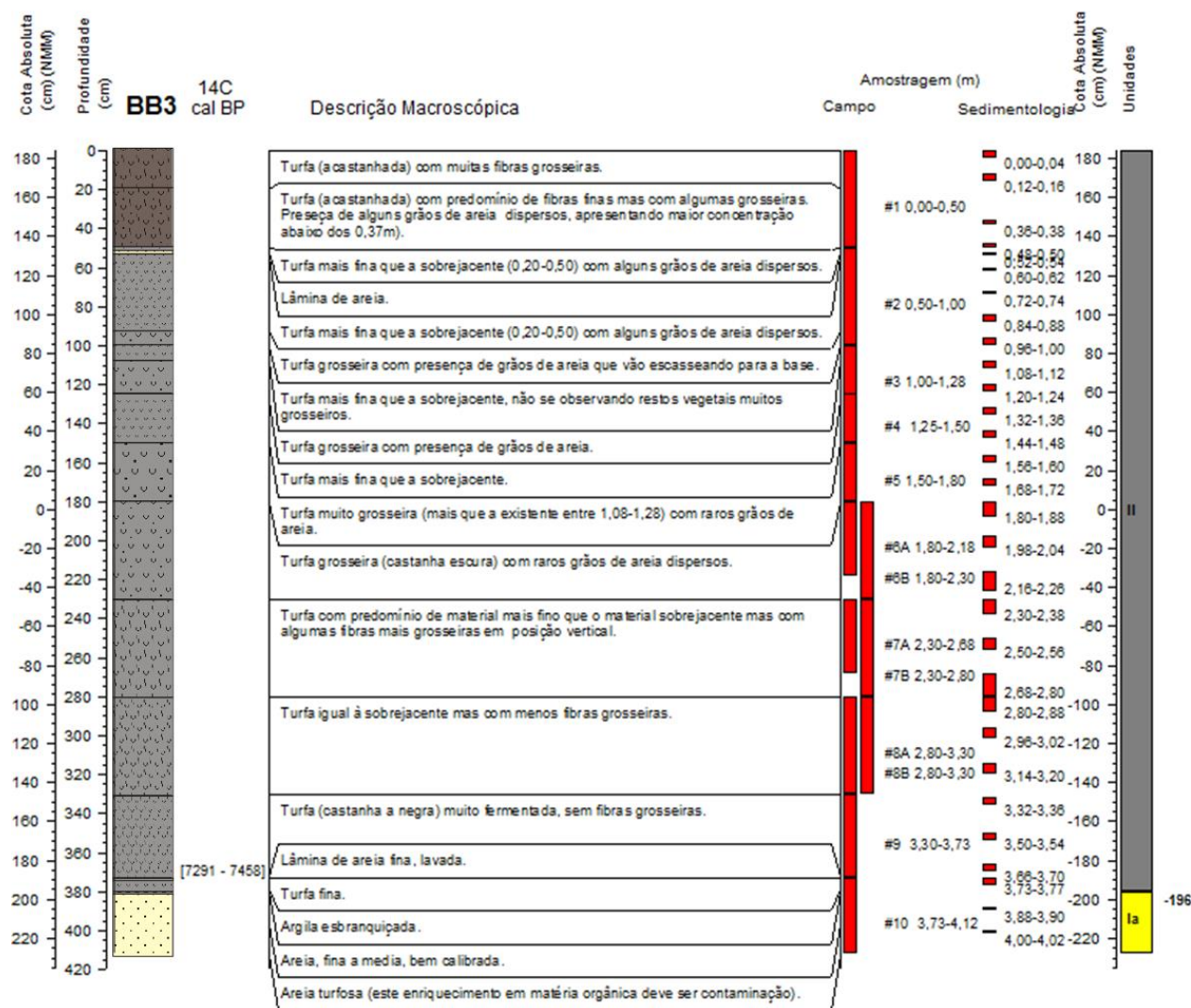
Nº amostras analisadas		Espessura atravessada (m)		Profundidade máxima atingida (m)	Cota da boca da sondagem (m)	Perfile de sondagens														Sondagens de Prospeção		
						W																E
						BB																
						BxBx5	8A	8	7	6	5	4	3	9	10	11	15	12	13			14
Unid. I	Unid. II	Unid. I	Unid. II														1	2				
7	82	0,25	3,05	3,30	1,03																	
-	-	0,05	4,06	4,11	1,40																	
1	5	0,28	4,22	4,50	1,66																	
-	1	0,40	4,10	4,50	1,70																	
-	-	0,12	3,88	4,00	1,74																	
1	-	0,36	3,96	4,32	1,78																	
1	1	0,10	3,70	3,75	1,81																	
2	28	0,32	3,80	4,12	1,84																	
-	-	0,05	3,72	3,77	1,85																	
-	-	0,05	3,13	3,18	1,86																	
5	-	1,76	2,35	4,11	1,87																	
-	-	0,05	1,70	1,75	1,88																	
-	-	0,05	1,26	1,31	1,89																	
1	-	0,10	0,90	1,00	2,10																	
2	-	0,45	0,05	0,50	2,44																	
-	-	2,08	1,02	3,10	n.d																	
-	-	0,18	0,25	0,63	n.d																	

n.d. - não determinado; a **negrito** - valores máximos.

A sondagem BB3 foi escolhida como representando o enchimento sedimentar deste interdunar, pelo que foi totalmente amostrada, tendo-se posteriormente seleccionado 30 níveis (subamostras com espessuras entre 2-12cm), com espaçamento de aproximadamente 10cm, mas por vezes menor ou maior no caso de mudanças sedimentares bruscas ou de grande homogeneidade, respectivamente (**Figura VI.2-16**). Nas restantes sondagens, foram seleccionadas para análise 18 amostras (**Tabela VI.2-3**). A observação macroscópica dos sedimentos (dezasseis sondagens - **Anexo A.IV.2, Anexo A.V.3 - Fotos A.V.3-12, A.V.3-13, A.V.3-14, A.V.3-15 e Figura VI.2-15**) e os resultados das análises sedimentológicas (oito sondagens - **Figura VI.2-6**) permitem a definição de dois eventos sedimentares distintos: unidade basal arenosa (Unidade I - correspondente ao CDA) e o enchimento orgânico da depressão interdunar

(Unidade II). A passagem da unidade I para a II é marcada por um enriquecimento em matéria orgânica, pelo que se optou por diferenciar esta zona da subjacente, definindo-se duas subunidades (Ia - base e Ib - topo) na Unidade I.

A descrição das Unidades e a interpretação posterior baseiam-se nos resultados sedimentológicos (**Anexo A.II.3**) dos referidos níveis analisados (principalmente da sondagem BB3) mas igualmente na descrição macroscópica de campo e de laboratório (**Anexo A.IV.2**) das restantes sondagens.



**Figura VI.2-16** - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e unidades da sondagem BB3.

A **Unidade I** (espessura máxima atravessada = 2,08 m - BB1; espessura mínima atravessada = 0,05 m - BB8A, BB9, BB10, BB12, BB15) corresponde às areias do CDA, e a sua espessura real ultrapassa os valores atravessados. O enriquecimento progressivo em matéria orgânica na passagem para a Unidade II, mais notório nas sondagens BB1 (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12**), BB2, BB5, BB7, BB13 e BB14, serviu de critério para a subdivisão em duas sub-unidades:

**Sub-Unidade Ia** (espessura máxima atravessada = 1,45 m - BB1 - Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12; espessura mínima atravessada = 0,05 m) - é constituída maioritariamente por areias e algumas areias pouco vasosas (% >63µm entre 92,7 e 99,9 %), hiperácidas a subalcalinas (pH entre 3,44 e 7,74), com teor de matéria orgânica muito baixo (<1 %) (Tabela VI.2-4, Figura VI.2-17) e isentas de bioclastos. Os valores de pH mais baixos são encontrados mais próximos do contacto com a unidade sobrejacente. A componente grosseira destes sedimentos é composta por areias médias a grosseiras (1,46 a 0,66 φ), moderadamente bem a moderadamente calibradas (0,62 a 0,81 φ) (Figura VI.2-18), com distribuições essencialmente simétricas e mesocúrticas. Do ponto de vista mineralógico são quase exclusivamente constituídas por grãos de quartzo, hialinos e leitosos, brilhantes, rolados a sub-rolados.

**Sub-Unidade Ib** (espessura máxima atravessada = 0,63 m - BB1 - Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12; espessura mínima atravessada = não detectada em algumas sondagens) - é constituída principalmente por areias e raras areias pouco vasosas (% >63 µm entre 91,9 e 98,6 %), hiperácidas a ácidas (pH entre 3,14 a 5,35), com teor baixo a muito elevado de matéria orgânica (2,0 - 17,8 %), (Tabela VI.2-4, Figura VI.2-17), igualmente isentas de carbonatos. Enquanto em algumas sondagens o contacto desta Unidade com a unidade orgânica superior (Unidade II) é brusco (exemplo: BB3 - Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-14) registando-se a passagem de sedimentos com teores de MO muito baixos (%MO <1%) para muito elevados (% MO > 10 %), em outras, porém esta passagem é marcada por um enriquecimento gradual de MO passando-se das areias “limpas” da Unidade Ia para areias algo orgânicas (Unidade Ib) para turfas arenosas e turfas/lodos turfosos (Unidade II), como se regista em BB1 (Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12), BB2, BB4, BB5, BB13 e BB14.

**Tabela VI.2-4 - Características sedimentológicas das unidades/sub-unidades do preenchimento do interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo. As estatísticas granulométricas referem-se à fracção grosseira (>63µm) do sedimento.**

Unidade	%>63 µm	pH	% O.M.	Média Mz (φ)	Desvio Padrão σ1 (φ)	Assimetria	Curtose
II	58 - 97	3,3 - 5,0	19,7 - 93,7	*	*	*	*
Ib	92 - 99	3,1 - 5,4	2,0 - 17,8	0,39 a 0,95	0,70 a 1,04	0,05 a 0,23	0,97 a 1,24
Ia	93 - 100	3,4 - 7,7	0,0 - 1,0	0,66 a 1,46	0,62 a 0,81	-0,14 a 0,22	0,92 a 1,12

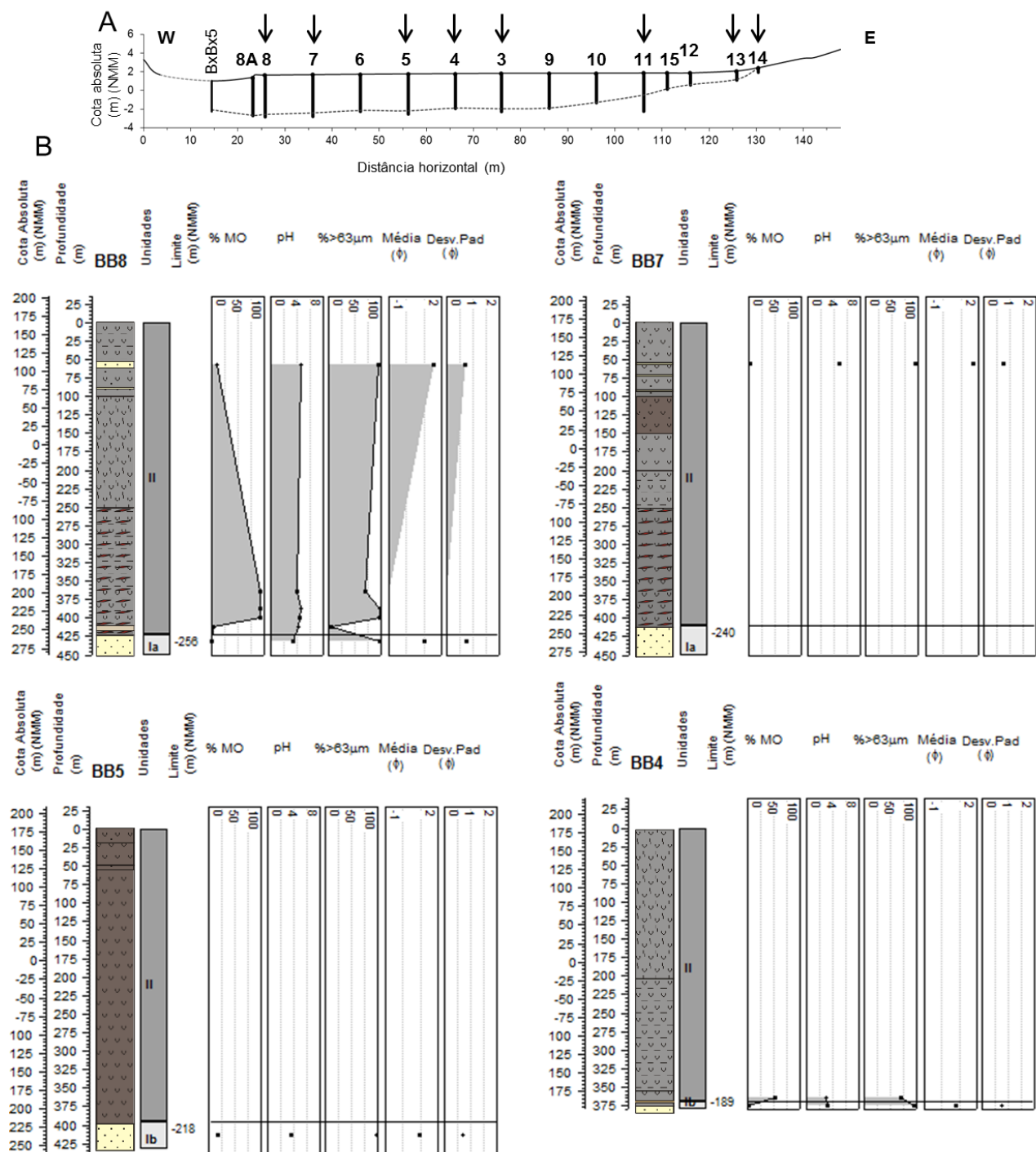
\* não se aplica

A componente superior a 63µm é composta por areias grosseiras (0,39 a 0,95 φ), moderadamente bem a moderadamente calibradas (0,70 a 1,04 φ) (Figura VI.2-18), com distribuições simétricas ou com assimetria positiva e essencialmente mesocúrticas. Embora a sua composição mineralógica seja semelhante à da sub-unidade Ia é notório o enriquecimento em todas as classes granulométricas da componente orgânica (este teor era praticamente nulo nas areias basais), composta por fibras e pequenos caules que podem atingir dimensões centimétricas (<3 cm).

Do ponto de vista textural e composicional, os sedimentos da unidade I são idênticos aos da duna frontal e do CDA, cuja análises revelaram corresponder a areias (% >63µm >98,1 %), ácidas a neutras (pH entre 5,18 e 7,00), com teor de MO muito baixo a baixo (0,30 - 1,16 %) (Figura VI.2-18) e sem carbonato de cálcio. A componente superior a 63 µm é composta por areias médias a grosseiras (1,20 a 0,60 φ),

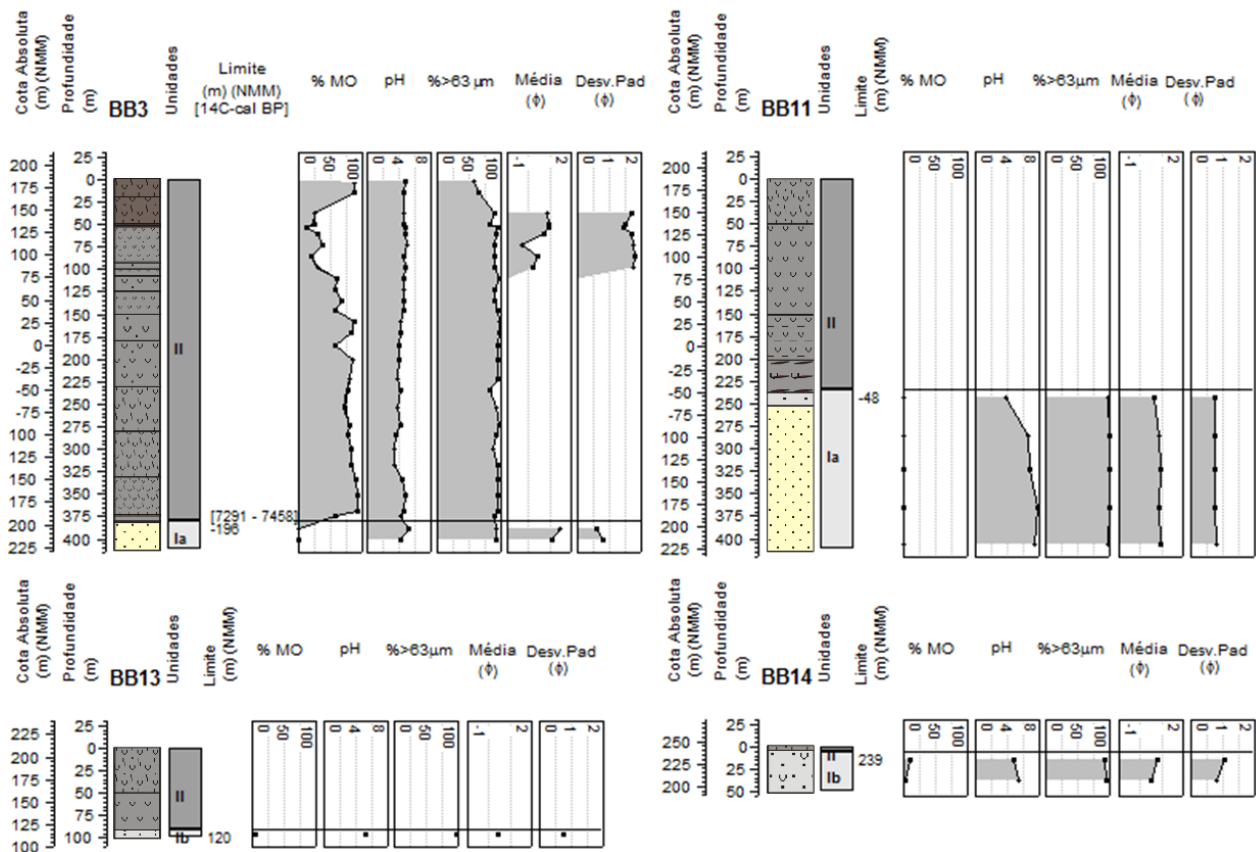


maioritariamente quartzíticas, moderadamente bem calibradas (0,66 a 0,76  $\phi$ ) (*Figura VI.2-19*), com distribuições simétricas ou com assimetria positiva e mesocúrticas.

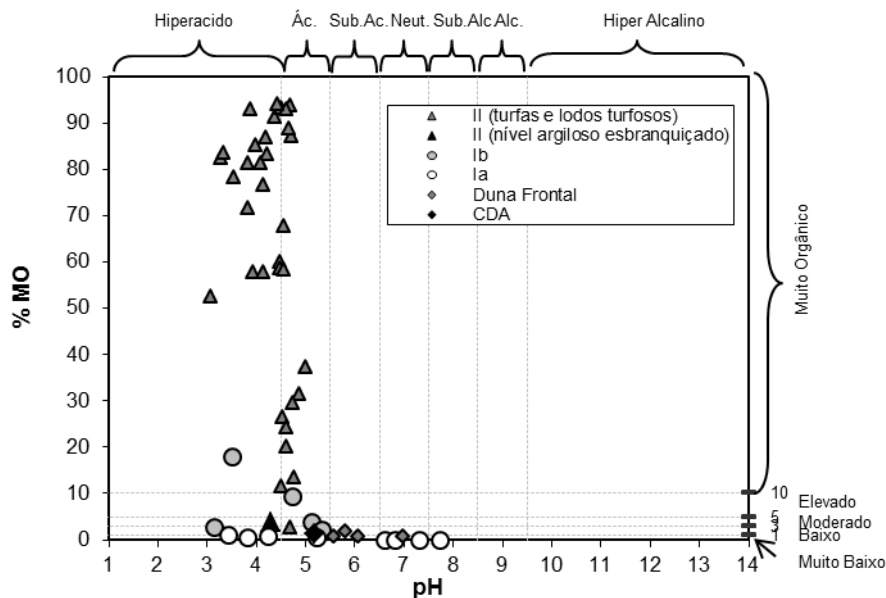


**Figura VI.2-17** - A - Sinalização (setas verticais) assinalam o posicionamento das sondagens nas quais foram realizadas as análises sedimentológicas (perfil com escala vertical sobre-elevada 2x); B - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em oito das quinze sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo. Apresentam-se os resultados das sondagens de acordo com a posição no perfil, de W para E.

B

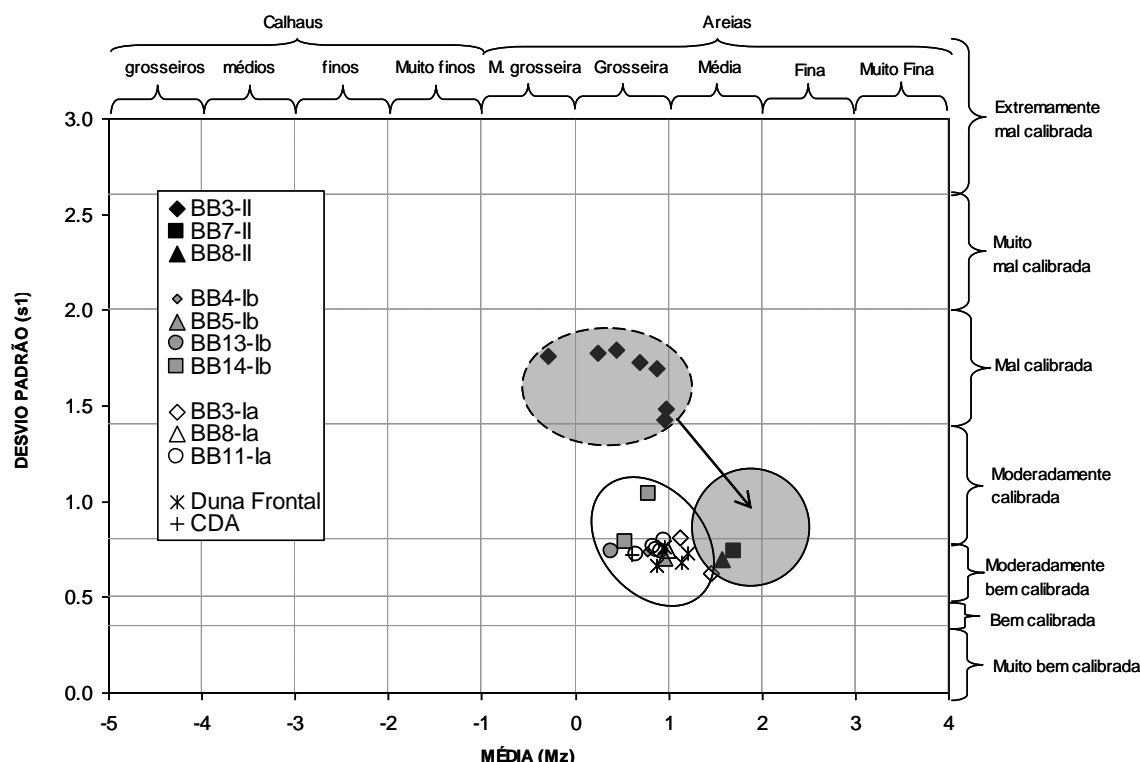


**Figura VI.2-17 (continuação) - B** - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em oito das quinze sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo. Apresentam-se os resultados das sondagens de acordo com a posição no perfil, de W para E.



**Figura VI.2-18** - variação ao teor de matéria orgânica versus pH nos sedimentos das unidades I e II do interdunar e nas areias da aba sotavento da Duna Frontal e do CDA adjacentes ao interdunar.





**Figura VI.2-19** - Parâmetros, obtidos pelo método gráfico, da componente grosseira dos sedimentos das Unidades I (Ia, Ib) e II, da Duna Frontal e do CDA.

As principais diferenças encontradas entre as areias da unidade I e as areias dunares observam-se nos níveis arenosos próximos do contacto com a unidade II, que revelam maior acidez (**Figura VI.2-17**), como consequência de duas situações distintas:

- nos níveis de areias algo orgânicas (Ib), resulta do aumento do teor de matéria orgânica;
- nos níveis de areias (Ia), embora o aumento do teor de MO não seja significativo (<1 %) a sua proximidade aos depósitos orgânicos subjacentes é suficiente para que os processos de lixiviação permitam a percolação de águas mais ácidas ricas em ácidos húmicos e  $H_2CO_3$  (resultante da adição de  $CO_2$  proveniente da mineralização da MO às águas subterrâneas).

Estes resultados sugerem uma origem eólica para os depósitos desta Unidade. O enriquecimento em matéria orgânica e a diminuição do pH são processos posteriores à sua génese e consequência da proximidade aos depósitos orgânicos subjacentes.

**Unidade II** (espessura máxima atravessada = 4,22 m - BB8; espessura mínima atravessada = 0,05 m - BB14) - esta espessa unidade é essencialmente constituída por turfa (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-14/15**), tendo-se detectado, principalmente na metade inferior de algumas sondagens (BB4, BB7, BB8, BB9 e BB11), a presença de secções com vasa turfosa com espessuras variando entre 0,50 m (BB9) e 1,59 m (BB8). Os parâmetros típicos desta unidade essencialmente turfosa, com alguns eventos de textura mais vasosa evidenciam sedimentos com teores muito elevados de MO (19,7 a 93,7 %), hiperácidos a ácidos (pH entre 3,30 e 5,02) (**Tabela VI.2-4, Figura VI.2-18**), com percentagens muito elevadas de partículas grosseiras (% > 63  $\mu m$  - 57,5 a 97,1 %). A componente grosseira destes sedimentos é maioritariamente

composta por restos de fibras orgânicas, sementes, e agregados orgânicos mais ou menos humificados. É possível reconhecer em algumas amostras um grau de decomposição incipiente (restos orgânicos bem preservados), revelador de taxas de decomposição muito baixas, típicas de ambientes redutores como as turfeiras. Por outro lado, nesta fracção grosseira aparece muitas vezes associado material detrítico, essencialmente quártzico (maioritariamente hialino e algum leitoso), dimensionalmente correspondendo a areias médias. A ocorrência dos episódios de características mais vasosas (vasas turfosas/turfas vasosas) é mais comum na metade inferior de algumas sondagens (BB3, BB4, BB7, BB8, BB9 e BB11), podendo ser recorrente em níveis superiores (observada apenas em BB3 e BB9), sendo difícil a correlação lateral destas fácies, parecendo indicar constrangimentos muito locais favorecendo a variação de fácies em poucos metros.

É importante destacar a observação de duas ocorrências com características distintas da sedimentação orgânica típica deste enchimento sedimentar: (1) uma mais antiga, posicionada próximo do contacto com a Unidade I; (2) outra mais recente, correspondendo, grosseiramente, ao terço superior do enchimento (**Figura VI.2-19**).

#### Evento 1 - “evento fino minerogénico”:

Corresponde a um episódio sedimentar ocorrido pouco tempo depois do início da sedimentação turfosa na depressão interdunar.

Os depósitos deste evento correspondem a vasas pouco arenosas ( $\% > 63 \mu\text{m} = 6 \%$ ), de coloração esbranquiçada, com teores de MO baixos ( $\% \text{ MO} = 3,6 \%$ ) e hiperácidos ( $\text{pH} = 4,30$ ), mais espessos em BB8 e BxBx5, enquanto em BB3 e BB4 a sua espessura é diminuta. A componente grosseira ( $> 63 \mu\text{m}$ ) destes sedimentos é constituída por pequenas fibras e agregados de matéria orgânica e a reduzida componente minerogénica restringe-se a areias essencialmente quártzicas muito finas ( $\sim 3-4\phi$ ). O carácter singular, principalmente a textura e a coloração deste sedimento, levou a que se procedesse à análise da fracção  $< 63 \mu\text{m}$  por difractometria de RX da amostra 4,09-4,16 da sondagem BB8 (**Figura VI.2-21**). A análise permitiu identificar a presença abundante de Quartzo (sílica cristalina, e não sílica amorfa que indicaria a presença de diatomáceas juntamente com outras espécies minerais como o feldspato potássico (ortose), albite, ilite, caulinite (**Figura VI.2-21**).

A análise química do sedimento, por EDXRF, permitiu a obtenção de resultados para 21 elementos (Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Pb). Como não houve caracterização química dos restantes sedimentos do enchimento deste interdunar, optou-se por estabelecer uma comparação com os resultados da caracterização química dos sedimentos do enchimento do interdunar Lagoa da Sancha (**Figura VI.2-22**). As análises com as quais agora se compara o nível de BB8 correspondem aos sedimentos superficiais, que actualmente cobrem o fundo da depressão (oito amostras - SCD1A a SCD8A) e aos materiais atravessados pela sondagem LS6A. Nesta sondagem foram analisadas quatro amostras de cada unidade:

- Unidade I - areias dunares do Complexo Dunar Antigo;
- Unidade II - enchimento essencialmente turfoso;

- Unidade III - lodos minerogénicos de cobertura (esta última unidade é equivalente aos sedimentos das amostras superficiais e não tem equivalente no interdunar do Barbaroxa de Baixo).

A análise revela que os sedimentos do nível 4,09-4,16 de BB8, são enriquecidos em silício (41 %), ao qual se adiciona reduzidas quantidades de outros elementos maiores e menores (com percentagens acima de 1 % e 0,1 %, respectivamente), tais como o Al (2,78 %), o K (1,25 %), o Fe (0,36 %), o S (0,24 %) e o Mg (0,22 %) (**Figura VI.2-22A/B/C/D**). Os valores baixos de alumínio sugerem pequena quantidade de aluminossilicatos e a detecção de K, confirma a existência de illite, caulinite, podendo também parte deste estar em feldspatos, como a ortose (detectada por Difractometria de RX). Quanto aos elementos com concentrações vestigiais (<0,1%), destaca-se a presença do Rb e do Zr e de uma forma geral o baixo teor em metais pesados (**Figura VI.2-22A/E**), reforçando uma proveniência continental das partículas.

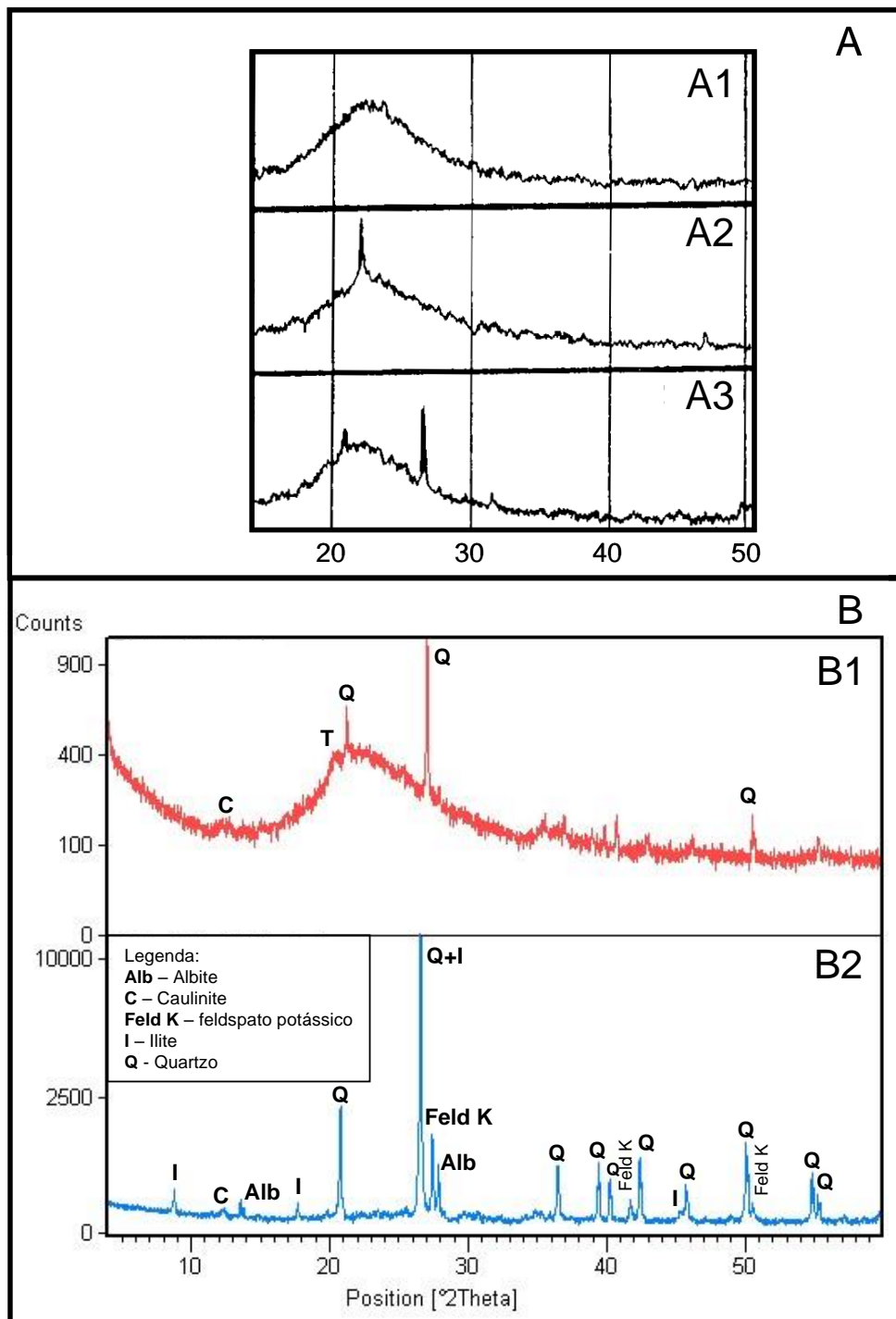


**Figura VI.2-20** - Ocorrências de características distintas que ocorrem no interior do depósito turfoso:

A - “evento fino minerogénico” - vasa esbranquiçada;

B - “turfa com grãos ou mesmo níveis de areia dispersos”.

As fotografias são da sondagem BxBx5 mas o aspecto é idêntico nas restantes sondagens onde foram detectados estes eventos (BB3, BB4, BB8, BB8A, BxBx3).



**Figura VI.2-21 - A - Difractogramas de RX (adaptados de BELL et al., 1978) de diversas amostras de sílica amorfa: A1 - pura; A2 - com 4% de cristobalite; A3 - com 5% de Quartz;**  
**B - Difractogramas de RX: B1 - Diatomito de Rio Maior; B2 - amostra 4,09-4,16 da sondagem BB8.**

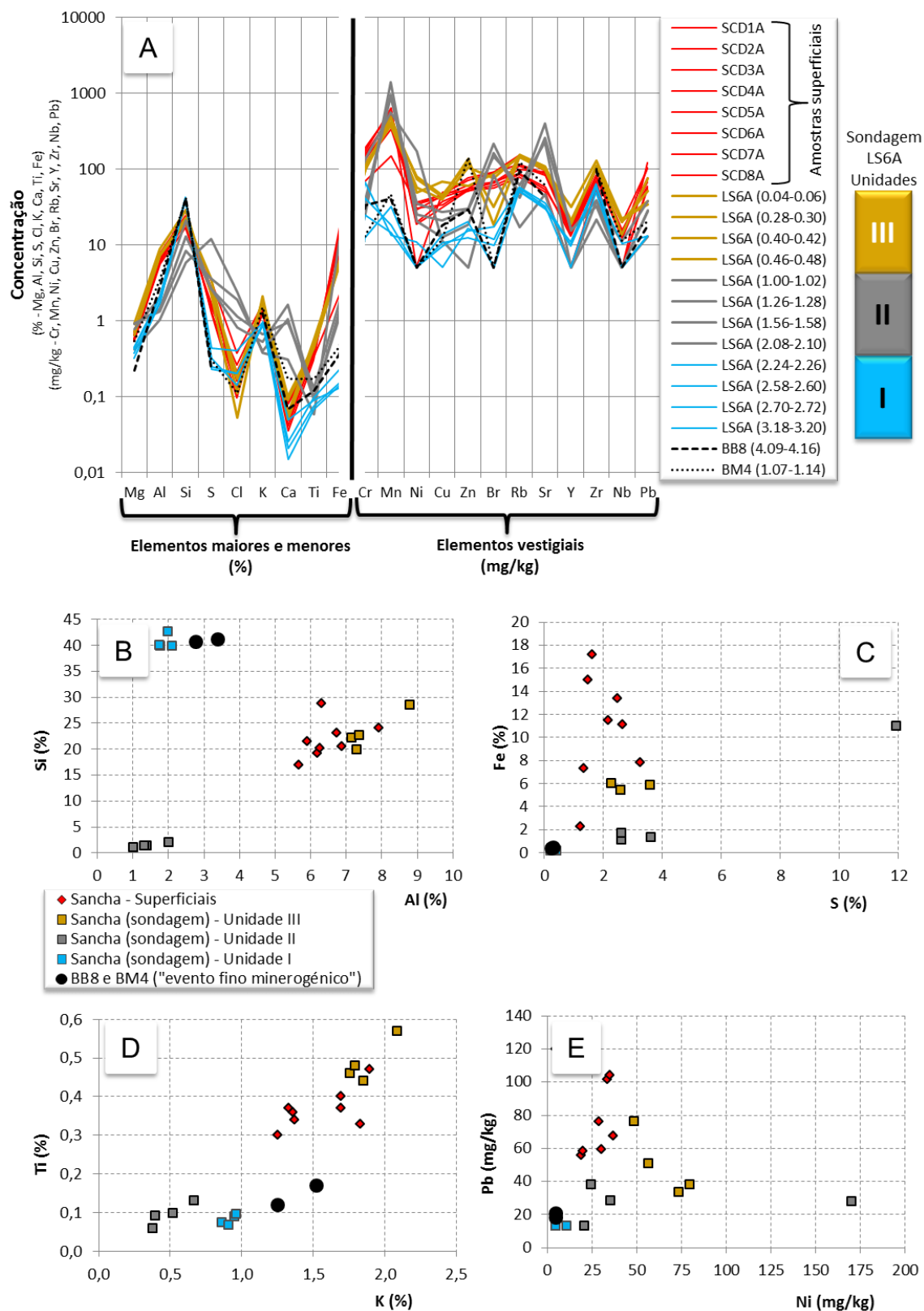
A comparação com os sedimentos do interdunar da Lagoa da Sancha revela que a assinatura química do nível BB8 4,09-4,16 é muito semelhante à dos materiais arenosos quártzicos do Complexo Dunar Antigo que constituem a base da sondagem (Unidade I).

Este evento sedimentar minerogénico, detectado em várias sondagens (BB3, BB4, BB8 e BB8A, bem como em BxBx3 e BxBx5 - **Figura VI.2-20A**), poucos centímetros acima do início da sedimentação turfosa (Unidade II), não se encontra sempre à mesma cota. O diferente posicionamento altimétrico da base deste evento, detectado de W para E a -1,85 (BxBx5), -2,53 m (BB8A), -2,50 m (BB8), -1,85 m (BB4) e -1,96 m (BB3) (NMM), mimetiza a paleotopografia do fundo da depressão interdunar, sugerindo a ocorrência de um único evento, cuja sedimentação contemporânea se terá processado com diferenças altimétricas na ordem dos 75 cm. Este facto sugere que o preenchimento sedimentar desta depressão, pelo menos no início, tenderia a acompanhar as irregularidades topográficas, colmatando-se posteriormente no sentido de nivelamento, atenuando-se essa diferença altimétrica nos tempos mais recentes. Note-se que, actualmente, o topo do preenchimento (superfície topográfica actual) é mais regular, exceptuando-se a zona W topograficamente mais baixa.

Também é de assinalar que este nível não foi encontrado em todas as sondagens (de oeste para este, apenas em BxBx3, BxBx5, BB8A, BB8, BB4, BB3), nem apresenta sempre a mesma espessura. Efectivamente, onde apareceu com maior expressão foi nas sondagens BB8A e BB8, onde atingiu 5 e 7 cm, respectivamente, reduzindo-se para nascente a 2 e 1 cm (BB4 e BB3) e para poente a 1 cm e a 3 mm (BxBx5). Durante a observação/descrição de campo este nível pode ter passado despercebido devido à sua reduzida espessura no seio das turfas, pelo que se interroga a sua ocorrência em BB7, BB6, BB5 e BB9. Nas sondagens a nascente desta última (BB10 a BB15) a altimetria do contacto entre a unidade I e II é bastante superior, fazendo suspeitar que este depósito pode não se ter depositado nessa área.

#### Evento 2 - “turfa com grãos de areia dispersos”:

Na parte superior de várias sondagens a sedimentação turfosa é pontuada por grãos de areia que se encontram dispersos no seio do emaranhado de raízes, chegando mesmo a constituir lâminas arenosas (BB3, BB7, BB8, BxBx5) de maior expressão nos testemunhos sedimentares próximos do bordo W da depressão (BB7 - 2 cm, BB8 - 8 cm, BxBx5 - 16 cm). Esta adição de material minerogénico às turfas, conduz à diminuição do teor de matéria orgânica (2,4 - 37,0 %), diminuição esta suficiente para inverter a hiperacidez característica destes depósitos turfosos; aqui, os sedimentos são ácidos (pH entre 4,53 e 5,02). Embora a análise granulométrica da fracção grosseira destes níveis na sondagem BB3 indique sedimentos muito grosseiros a grosseiros, mal calibrados (**Figura VI.2-18**), a observação das diferentes classes granulométricas revela que as mais grosseiras são constituídas exclusivamente por fibras e agregados orgânicos extremamente grosseiros e que o material detrítico quártzico é mais abundante e concentrado nas classes granulométricas médias a finas. Este resultado é confirmado pela análise da distribuição granulométrica das lâminas arenosas de BB7 (0,54-0,58 m) e BB8 (0,53-0,61), revelando sedimentos médios, moderadamente bem calibrados (**Figura VI.2-19**), com distribuições simétricas ou assimétricas negativas (a assimetria negativa deve-se à presença de fibras grosseiras que aumentam a importância das classes dimensionais mais grosseiras) e leptocúrticas. Deste modo, o material detrítico presente no seio das turfas destaca-se dimensionalmente dos sedimentos da Duna Frontal e do CDA por ser mais fino (areias médias a finas) embora seja idêntico do ponto de vista composicional.



**Figura VI.2-22** - Comparação da assinatura química dos sedimentos do nível 4,09-4,16 de BB8 do “evento fino minerogénico” (vasa esbranquiçada) com os sedimentos do enchimento do interdunar Lagoa da Sancha. A - comparação entre as concentrações dos 21 elementos analisados; B - gráfico Si versus Al; C - gráfico Fe versus S; D - gráfico Ti versus K; E - gráfico Pb versus Ni.



As sondagens efectuadas mais recentemente (BxBx3 e BxBx5) na zona central onde aflora o hidrossoma (**Figura VI.2-14**), vêm confirmar as características sedimentares e composicionais do enchimento desta depressão, e acrescentam dados novos à discussão, nomeadamente no que diz respeito à evolução paleoecológica (pólen e diatomáceas - estes dados serão incorporados na interpretação dos resultados) e a um mais completo enquadramento temporal dos acontecimentos. Estes dados são inéditos e resultam de estudos efectuados no âmbito de projectos de investigação:

**BxBx3** - Projecto de investigação SWIRL (referência: PTDC/AAC-CLI/108518/2008) que decorreu no Centro de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Algarve e que foi coordenado pelo Doutor Simon Connor (CONNOR *et al.*, 2013). Neste estudo avaliou-se o conteúdo palinológico da sequência sedimentar e realizou-se a determinação do teor de humidade e de matéria orgânica. Foram datadas pelo método de radiocarbono doze amostras (**Tabela VI.2-5**).

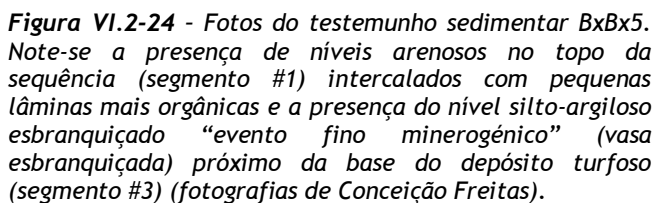
**BxBx5** - Projecto de investigação a decorrer no IDL (Instituto Dom Luís) da Universidade de Lisboa (Departamento de Geologia da FCUL), onde a equipa do Grupo de Processos Costeiros coordenado pela Professora Conceição Freitas avaliou o teor de matéria orgânica (Dr<sup>a</sup> Vera Lopes), fez observação da fracção > 63 µm à lupa binocular (Dr<sup>a</sup> Anabela Cruces) e avaliou o conteúdo em diatomáceas (Doutor Manel Leira). Foram datadas pelo método de radiocarbono cinco amostras (**Tabela VI.2-5**).

A avaliação macroscópica das duas sequências sedimentares (**Figuras VI.2-23, VI.2-24**) revela cerca de 3 m (BxBx3 = 2,94 m; BxBx5 = 3,05 m) de sedimentação essencialmente orgânica que se acumulou sobre as areias do Complexo Dunar Antigo.

**Figura VI.2-23** - Fotos do testemunho sedimentar BxBx3. Note-se a presença de níveis arenosos no topo da sequência (segmento #1) intercalados com pequenas lâminas mais orgânicas e a presença do nível silto-argiloso esbranquiçado “evento fino minerogénico” (vasa esbranquiçada) próximo da base do depósito turfoso (segmento #4) (adaptado de CONNER *et al.*, 2013).

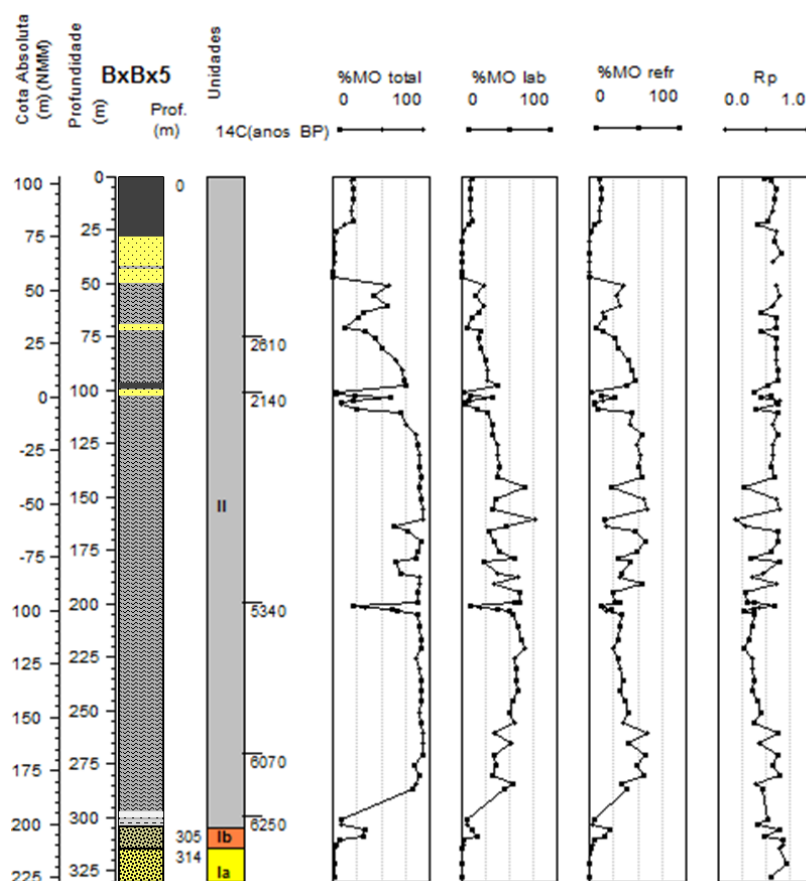




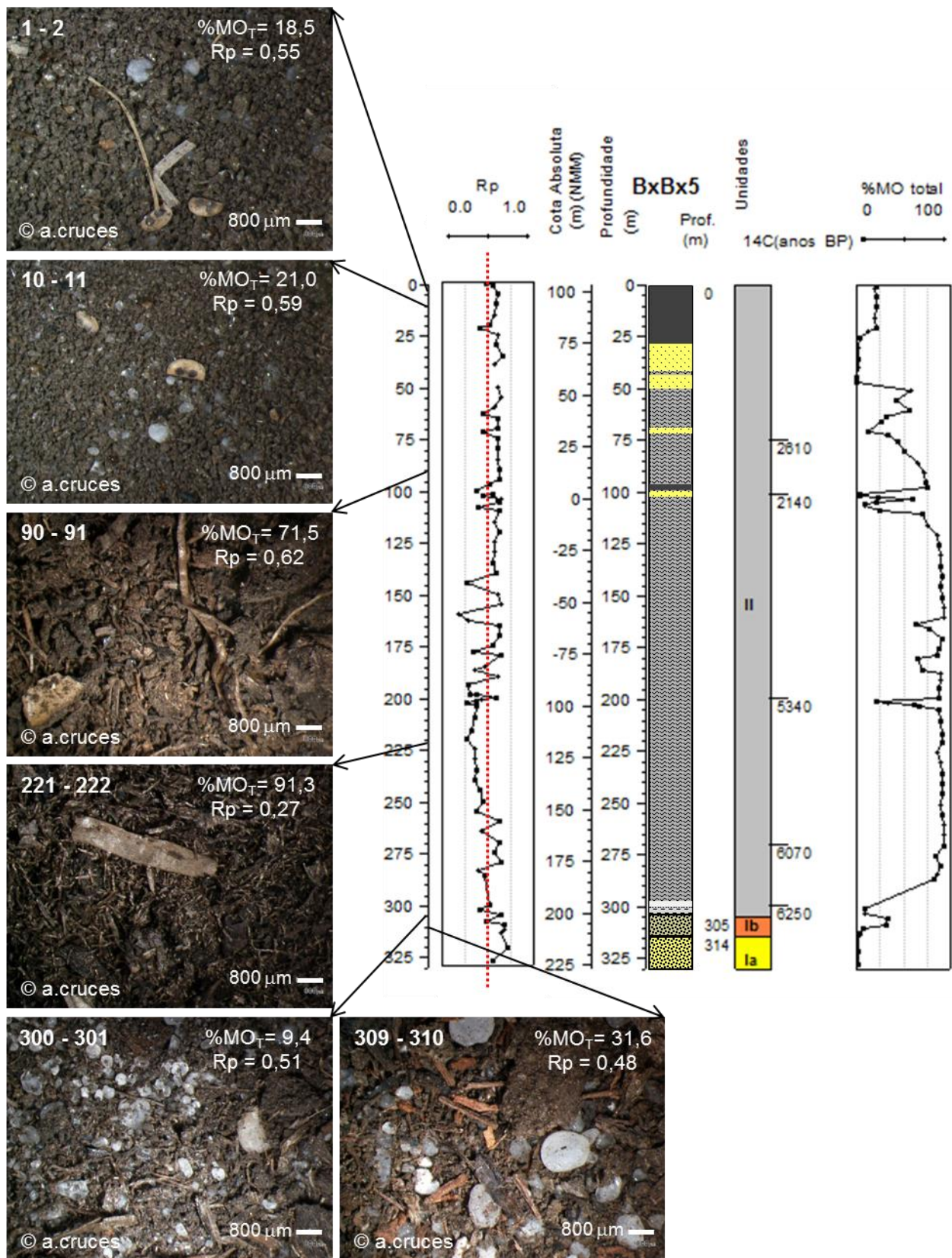


Os resultados analíticos da sedimentologia confirmam os baixos teores de matéria orgânica (total) das areias basais (unidade Ia) e o seu enriquecendo nesta componente à medida que se aproxima do contacto com a unidade II (Unidade Ib). A unidade II (sedimentação orgânica) apresenta os teores mais elevados de matéria orgânica (próximos de 90 %). No entanto, aparecem níveis onde o teor pode baixar, como consequência ou da adição de componente arenosa ou por representar uma sedimentação mais fina (veja-se o topo da unidade, que corresponde hoje a uma sedimentação ocorrida durante a maior parte do ano sob uma coluna de água com cerca de 1 m de espessura (sedimentação mais fina) (Figuras VI.2-25, VI.2-26). Em ambas as sondagens aparece o nível silto-argiloso esbranquiçado “evento fino minerogénico” (vasa esbranquiçada) próximo da base do depósito turfoso e o nível arenoso para o topo da sequência, aqui ainda mais espesso que o detectado nas sondagens BB7, BB8 e BB8A (Figuras VI.2-23, VI.2-24).

O perfil do índice Rp mostra variações que podem ser interpretadas como eventos de maior ou menor abundância de água na depressão. Valores de Rp elevados indicam maior abundância de matéria orgânica rica em componente refractária (típica de vegetação mais aquática); pelo contrário, índices mais baixos indicam a presença mais abundante de material orgânico lábil (característico das plantas ricas em celulose com tecidos rijos), típico de plantas de ambiente mais terrestre.



**Figura VI.2-25** - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas na sondagem BxBx5 do interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo (%MO lab = matéria orgânica lábil; %MO refr = matéria orgânica refractária; Rp = índice Rp).



**Figura VI.2-26** - Resultados das análises sedimentológicas (BxBx5) do interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo  $R_p$  = índice  $R_p$ ) e fotografias da amostra total efectuada à lupa binocular.



### VI.2.1.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação

O nível seleccionado para datação isotópica por  $^{14}\text{C}$  pertence à sondagem BB3 e posiciona-se próximo da base da Unidade II (3,74-3,75 m), 5 cm acima do contacto com a Unidade I, expondo-se os resultados na **Tabela VI.2-5**. Tendo em conta a idade radiocarbono do referido nível, pode inferir-se uma taxa de sedimentação de 0,51 mm/ano. No entanto, é importante referir que a taxa de sedimentação nestes ambientes pode alterar-se bastante ao longo do tempo.

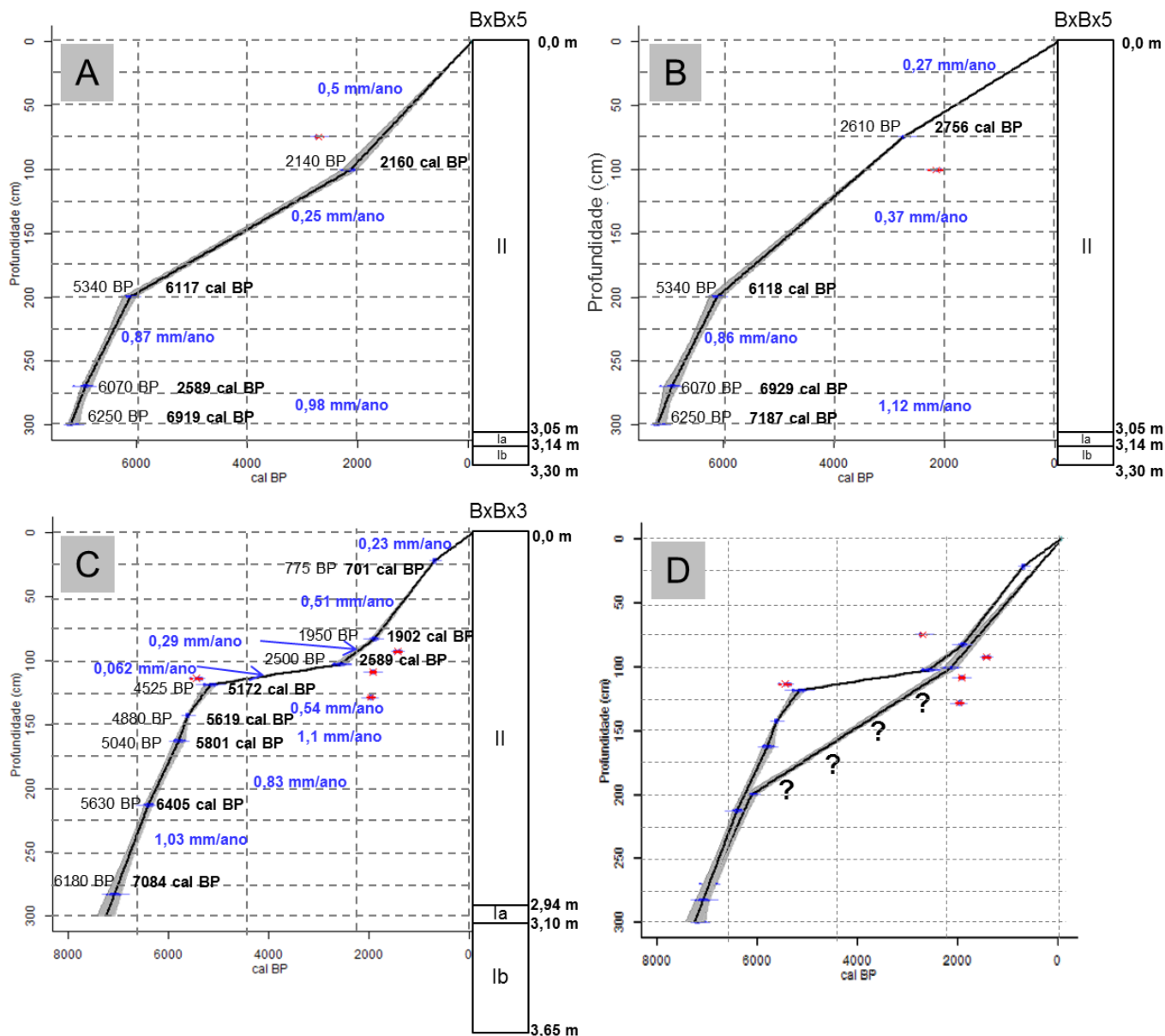
Nas duas sondagens mais recentes, a existência de um conjunto de datações permitiu a construção de um MODELO DE IDADES. As idades radiocarbono convencionais foram usadas para essa construção utilizando o Programa CLAM versão 2.1 (BLAAUW, 2010) para o software R (R Development Core Team, 2010), do mesmo modo que já explicado no capítulo da macroescala da Lagoa de Melides. Os dados usados constam na Tabela VI.2-5 e obtiveram-se as idades em cal BP, que permitiram a determinação das taxas de sedimentação. O Modelo gerou idades interpoladas para cada centímetro com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade.

**Tabela VI.2-5** - Idades radiocarbono (AMS) e assinatura isotópica do nível seleccionado na sondagem BB3 e BxBx5, do Poço do Barbaroxa de Baixo.

Sondagem	Refª. de Laboratório	Refª Amostra Prof. (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	Tipo de Material	Idade Convencional $^{14}\text{C}$ (anos BP)	Idade $^{14}\text{C}$ calibrada (anos cal BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
BB3	Beta - 198014	3,74-3,75	-1,89/-1,91	Sedimento orgânico	6470 $\pm$ 40	7375	-27,5
BxBx5	Beta - 393517	0,74-0,75	+0,29/+0,28	Sedimento orgânico	2610 $\pm$ 30	n.d.	-27,6
	Beta - 393518	1,00-1,01	+0,03/+0,02	Sedimento orgânico	2140 $\pm$ 30	2160*	-27,4
	Beta - 393519	1,99 - 2,00	-0,96/-0,97	Sedimento orgânico	5340 $\pm$ 30	6117*	-27,5
	Beta - 393520	2,69 - 2,70	-1,66/-1,67	Sedimento orgânico	6070 $\pm$ 30	2589*	-29,2
	Beta - 393521	2,99 - 3,00	-1,96/-1,97	Sedimento orgânico	6250 $\pm$ 30	6919*	-28,6

\* obtidas no programa Clam. n.d. - não determinado no programa Clam, por não entrar para o Modelo de Idades.

Os Modelos de Idade elaborados para BxBx5 apresentam-se na **Figura VI.1-27A**, **VI.2-27B**, e para BxBx3 na **VI.2-27C**. Dos dois modelos elaborados para BxBx5, o primeiro é o que apresenta o melhor ajuste dos dados, pelo que será o considerado no presente estudo. Relativamente ao Modelo para BxBx3, apresentou algumas dificuldades pela existência de algumas inversões de idades radioisotópicas. Após várias interpolações, obteve-se o modelo com o melhor ajuste, que se apresenta para discussão (**Figura VI.1-27C**). Note-se que os dois modelos apresentam caudas (início e fim) com declives mais acentuados, principalmente na base onde as taxas de sedimentação variam entre 0,8 e 1,1 mm/ano, enquanto no topo estes decrescem para valores entre 0,23 e 0,5 mm/ano. Na zona central onde a recta denota maior horizontalidade, é indicativo de uma diminuição da taxa de sedimentação. Este efeito encontra-se maximizado na sondagem BxBx3, onde praticamente se observa um patamar sub-horizontal que corresponde a uma taxa de sedimentação muito reduzida (0,062 mm/ano). Isto significa que em cerca de 2500 anos cal BP apenas se depositaram 16 cm de sedimento (significará grandes períodos de não sedimentação?). Para este período não existem datações na sondagem BxBx5. A comparação entre os dois modelos de idade (**Figura VI.1-27D**) reforça este comportamento.



**Figura VI.2-27** - Modelos de Idade obtidos com o Programa CLAM 2.1 (Blaauw, 2010), para a sondagem BxBx5. Configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano. Modelo A - Excluindo-se a datação 2610 BP. CLAM estatísticas: 0 - 300 cm; ajuste da curva = 9,46. Modelo B - Excluindo-se a datação 2140 BP. CLAM estatísticas: 0 - 300 cm; ajuste da curva = 10,48. Modelo C - Excluindo-se a datação 2140 BP. CLAM estatísticas: 0 - 300 cm; ajuste da curva = 5,5. Modelo D - Comparação entre os modelos A e C.

Comparam-se também as taxas agora obtidas com as que se podem determinar a partir das datações de seis níveis de uma sondagem em ambiente análogo (Poço do Barabaro de Cima) apresentadas no estudo de QUEIROZ (1999). As idades radiocarbono apresentadas pela autora permitem estimar taxas de sedimentação com valores mínimos e máximos de 0,098 e 1,13 mm/ano (**Figura VI.2-47**), dentro dos valores agora apresentados.

As assinaturas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidas nas turfas do Poço do Barabaro de Baixo, entre -29,2 ‰ e -22,9 ‰ encontram-se entre -35 ‰ e -20 ‰, intervalo referido por GEYH & SCHLEICHER (1990) para materiais orgânicos continentais (madeira, carvão e turfa), corroborando uma origem continental para a

sedimentação das turfas num ambiente interdunar, que embora posicionado num complexo dunar costeiro terá tido uma evolução com raro ou nenhum contacto com o meio oceânico adjacente. Note-se que para o topo da sondagem BxBx3 os valores tendem a ficar menos negativos, indiciando alguma componente de mistura mas muito insipiente, pois em ambientes de transição podem estar compreendidos entre -16 e -9 ‰.

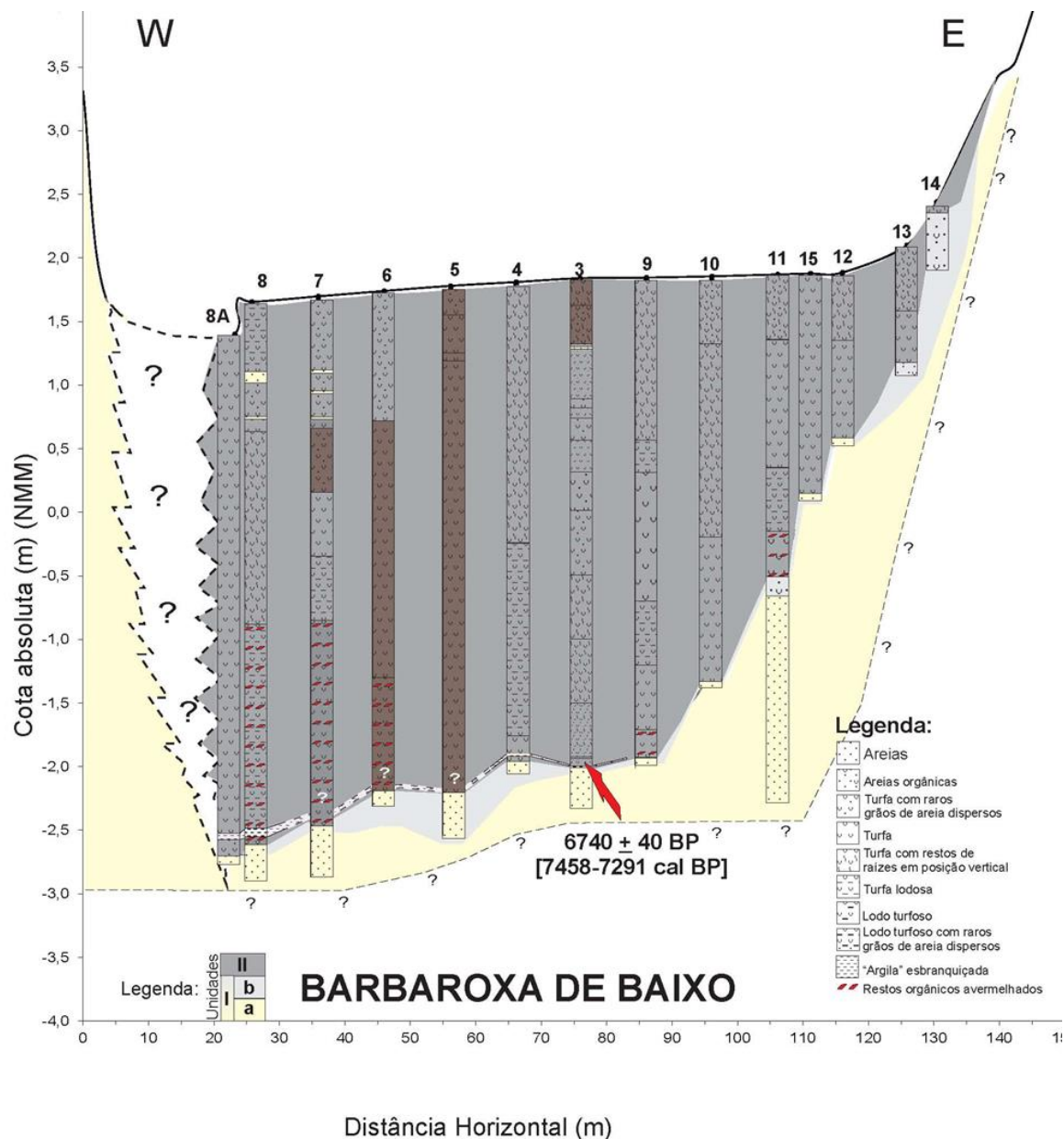
### VI.2.1.2.3 Interpretação dos resultados

Os resultados obtidos com o estudo do enchimento sedimentar orgânico (**Figura VI.2-28**), sugerem que esta depressão interdunar constituía um “interdunar seco” (“dry dune slack”) no vasto CDA (Unidade Ia) há mais de 7500 anos cal BP, período a partir do qual o nível freático no interior do CDA terá atingido ou excedido (pouco) a superfície topográfica do fundo da depressão (-2,66m - NMM). A disponibilidade de água gerou condições óptimas ao aparecimento das primeiras comunidades vegetais e a permanência desta humidade conduziu ao aparecimento de um ambiente de turfeira (regime de paludificação). Estas primeiras comunidades instalaram-se na região mais baixa da depressão - região W (sondagens BB8A e BB8), numa área mais reduzida que a actual, em substrato arenoso, enriquecendo as areias quártzicas em componente orgânica (Unidade Ib).

Posteriormente (temporalmente não muito distante) ocorreu um episódio, ainda não suficientemente compreendido, que origina a deposição de vasas pouco arenosas de coloração esbranquiçada de baixo teor em matéria orgânica, hiperácidas, ricas em quartzo (elevado teor em Si), feldspato potássico e albite, na região W da depressão, formando um nível de reduzida expressão (espessura máxima 7 cm) que se reduz e desaparece para nascente e poente. Não se atribui a este período uma importante inundação (típica dos depósitos vasosos da sedimentação límnic). No entanto, as condições iniciais da turfeira sofreram obrigatoriamente modificações que permitiram a génese deste evento atípico.

A sedimentação posterior torna difícil a correlação lateral de fácies, principalmente na metade inferior do depósito orgânico, onde em algumas sondagens, se detectaram episódios mais vasosos, mais ou menos espessos. Esta “janela transversal” permite afirmar que durante esse período o interdunar deverá ter tido sempre clareiras (áreas sem vegetação) inundadas, cujo posicionamento espacial diferiu ao longo do tempo e onde se depositavam lodos orgânicos/turfosos (se a coluna de água tinha maior profundidade) ou turfas lodosas (se a coluna tinha menor profundidade) típicas dos domínios límnic/telmático e semi-terrestre, respectivamente; no restante espaço predominaria a sedimentação terrestre com acumulação de turfas.

Nos tempos mais recentes (terço superior das sondagens) desaparecem os depósitos francamente lodosos, à excepção do bordo W onde actualmente se encontra a “charca” (sondagens BxBx3 e BxBx5 - ainda em processamento), reforçando a sugestão anteriormente referida da inconstância espacial da zona límnic. Por outro lado, assiste-se ao aparecimento de material detrítico de proveniência eólica. Este, disperso ou sob a forma de pequenas lâminas no seio das turfas, pode ser indiciador de dois fenómenos:



**Figura VI.2-28** - Secção transversal do enchimento sedimentar da depressão interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo (escala vertical sobrelevada 20x).

1) uma maior proximidade do cordão dunar frontal ao interdunar. Esta menor distância espacial possibilitaria a chegada de material proveniente dos fenómenos de deflação que afectam este sistema com menor densidade de coberto vegetal; a confirmação desta hipótese, indicaria um avanço da duna frontal sobre o interdunar.

2) um aumento da intensidade e frequência de ventos fortes, o que seria uma evidência da ocorrência de alterações climáticas para o período mais recente.



Note-se que qualquer que seja a hipótese ocorrida, o número e a espessura das lâminas arenosas é superior na zona W do preenchimento, reforçando a noção de que a área fonte se posiciona a poente. O limite extremamente rectilíneo do bordo W desta depressão, assim como do mesmo limite no Poço do Barabroxa do Meio, contrastam com os contornos dos restantes limites dos Poços (**Figura VI.2-29**), sugerindo o avanço da duna frontal sobre os depósitos orgânicos da turfeira, reforçando a primeira hipótese, podendo os processos da segunda adicionar-se à primeira.

Tendo em conta a idade aproximada do início da sedimentação orgânica em BB3 ocorrido há  $6470 \pm 40$  anos BP (7375 cal BP) e a taxa de sedimentação média estimada de 0,51mm/ano, uma simples extrapolação colocaria o início deste “incremento arenoso”, detectado em BB3 a 2,30 m, há 4500 anos cal BP.

**Figura VI.2-29** - Contornos dos Poços do Barbaroxa de Baixo (BB), do Meio (BM) e de Cima (BC). (Fotografia aérea voo 8 de Julho de 1996, escala original 1/8000).



se

A avaliação das associações de diatomáceas indica a ocorrência de períodos de inundação e terrestrialização ao longo do tempo, registando-se vários períodos sem registo de diatomáceas (azóicos) que são interpretados como possíveis eventos de dessecação da turfeira. Outros aspectos importantes que merecem destaque é a presença de *Chaetoceros* entre os 110 e 115 cm de profundidade (4500 a 3700 anos cal BP) que indicam a ocorrência de influência salgada no sistema (informação oral Dr. Manuel Leira, dados inéditos). Note-se que esta data é coincidente com o início do aparecimento de areias dispersas nas turfas em BB3, o que estava interpretado como uma aproximação do cordão dunar (progradação do sistema dunar), à qual se segue um evento importante de secagem da turfeira (profundidade de 105 a 110 cm). No topo da sequência (primeiros cerca de 45 cm), é notório o incremento das espécies que toleram condições ambientais stressantes, que persistem até hoje.

O diagrama polínico da sequência sedimentar BxBx3 (CONNER *et al.*, 2013) evidencia cinco fases da paleovegetação, que a seguir se resumem de acordo com os mesmos autores (**Figura VI.2-30**):

#### 1) Fase PINUS-ERICA

Caracteriza-se por taxa de sedimentação elevada e um declínio dos Pinus, possivelmente como uma consequência da subida do nível do mar que promoveu o retrocesso para posições mais interiores das florestas de pinheiros, entre os 7400 - 6600 anos cal BP.

#### 2) Fase JUNIPERUS

Fase de expansão dos *Juniperus*, acompanhado pelo modesto incremento dos *Alnus* e *Quercus* (folhagem caduca), correspondendo a uma longa fase de relativa estabilidade

### 3) Fase ERICA-CALLUNA

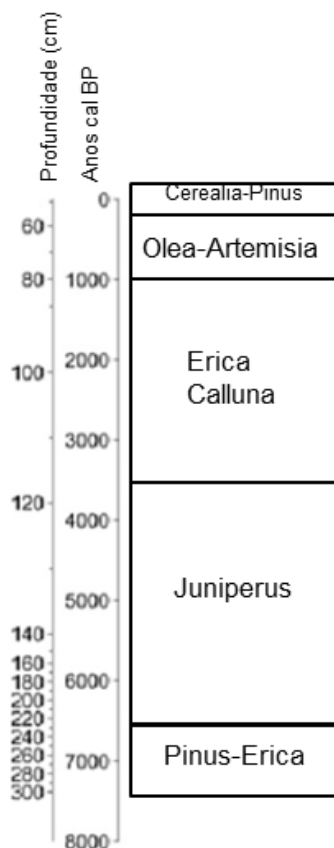
A abundância da vegetação arbórea decai drasticamente, cedendo espaço às espécies arbustivas *Erica scoparia* e *Calluna vulgaris*. Espécies indicativas de pastagem (por exemplo *Sporormiella*) e de fogo são comuns.

### 4) Fase OLEA-ARTEMISIA

Esta fase marca o início de um período de instabilidade no sistema dunar na região. O declínio das espécies arbustivas e herbáceas e a presença de indicadores de actividade agrícola sugerem modificações associadas a actividades antrópicas. Os incêndios são raros.

### 5) Fase CEREALIA-PINUS

Assiste-se a um rápido aumento da importância dos pinheiros, certamente como reflexo das recentes acções de reflorestação do sistema dunar da região.



**Figura VI.2-30** - Fase da paleovegetação e diagrama polínico resumido da sondagem BxBx3 do Poço do Barbaroxa de Baixo (BB). Coloração por espécies: arbóreas (verde); arbustivas (castanho); herbáceas (verde azeitona); esporos de fungos e carvões (preto) (retirado de CONNER et al. (2013).

## VI.2.2 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO

### VI.2.2.1 Micro-escala

#### VI.2.2.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso

O Poço do Barbaroxa do Meio, de forma circular, apresenta as cotas mais baixas da depressão na zona central (entre as sondagens BM4 e BM15, inclusive), entre +1,57 m e +1,67 m (NMM) (correspondendo à cota da boca da sondagem BB4 e BB17, respectivamente - **Figura VI.2-1, VI.2-31**), pelo que é nessa região que é possível observar o afloramento do nível freático e onde este permanece mais tempo acima da cota do fundo da depressão, inibindo o desenvolvimento de comunidades vegetais de ambiente semi-terrestre e terrestre. No restante transecto E-W a altimetria oscila entre +1,95 m e +2,76 m (NMM) (correspondendo à cota da boca da sondagem BB10/BB11 e BB21, respectivamente). Na época estival assiste-se à diminuição do perímetro da zona inundada, de fundo muito regular, ficando por um pequeno período expostos os lodos orgânicos (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-3, A.V.3-10**) mas o fenómeno parece ser, tal como no interdunar a Norte, de curta duração, pois durante o período do estudo nunca se observaram fendas de dessecação importantes nesses sedimentos.

Na época da realização das campanhas de campo conducentes à execução de sondagens neste interdunar (2/9/2002), o nível freático encontrava-se ligeiramente abaixo da superfície, a cotas próximas de +1,57 m (NMM), tendo-se efectuado a leitura dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso no nível freático durante a execução das sondagens e posteriormente em 2007 directamente no hidrossoma pouco espesso. Os resultados indicam a presença de águas ligeiramente ácidas (pH = 5,88 - 6,18), oligohalinas a doces (salinidade <0,8 ‰), sub-saturadas (O.D = 3,8 mg/L e % saturação = 34 %) e redutoras (Eh = -153 a -47 mV) (**Tabela VI.2-1**).

### VI.2.2.2 MACRO-ESCALA

#### VI.2.2.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico

A execução das 19 sondagens num perfil transversal, na região central da depressão interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio (BM) (**Figura VI.2-31**), permitiu o reconhecimento da estrutura e geometria do enchimento sedimentar desta depressão. Este revela uma secção transversal (E-W) de forma lenticular assimétrica, biselando lateralmente (**Figura VI.2-31, VI.2-32, Tabela VI.2-10**). Tem espessura máxima de 1,89m (sondagem BM10) (**Figura VI.2-31, Tabela VI.2-10**) e assenta em substrato arenoso (CDA). O fundo da depressão interdunar (materializado pelo limite entre o enchimento essencialmente orgânico e o CDA), em secção E-W é assimétrico, posicionando-se a zona mais baixa a W (coincidente com a sondagem BM4), com cotas próximas do nível médio do mar (+0,01 m - NMM). Em consequência, o contacto entre o CDA e o enchimento é menos inclinado a nascente (2,1°) que a poente (3,4°) (**Figura VI.2-32**). É de realçar a inclinação acentuada (31,1°) observada na aba sotamar da duna frontal, correspondendo à aba nascente do “Blowout” (“Duna em Taça”) que margina a poente este interdunar. Valores desta ordem de grandeza são referidos na literatura (DAVIS & FITZGERALD, 2004) para as abas sotavento de dunas activas

em migração através do processo de “blowover”. O vento de W actua na superfície dunar, induzindo o transporte de areia para nascente que posteriormente é actuada pela gravidade e acaba por gerar uma aba sotamar de declive acentuado (cerca de  $30^\circ$  = ângulo de repouso). Em Portugal, no complexo dunar de Quiaios (Norte da Figueira da Foz) foram igualmente registados, nos flancos sul (sotavento) das dunas transversais, declives com cerca de  $30^\circ$  (ALMEIDA, 1997). Em contraste, os flancos dunares a barlavento apresentam formas suaves de declive menor; a vertente nascente do interdunar em estudo que corresponde à aba barlavento da crista mais exterior do CDA, tem declive inferior a  $21^\circ$  (**Figura VI.2-32**).

A sondagem BM3 foi eleita como representante do enchimento sedimentar deste interdunar, pelo que foi totalmente amostrada, tendo-se posteriormente seleccionado 27 níveis (submostras com espessuras entre 2-5 cm), com espaçamento de aproximadamente 10cm, por vezes menor ou maior no caso de mudanças sedimentares bruscas ou de grande homogeneidade, respectivamente (**Figura VI.2-33**). Nas restantes sondagens foram seleccionadas 24 amostras (**Tabela VI.2-10**).

A observação macroscópica dos sedimentos (vinte e uma sondagens - **Anexo A.IV.3.1, A.V.3-21/22**) e os resultados das análises sedimentológicas (sete sondagens - **Figura VI.2-26A/B, Anexo A.II.4**) permitem a definição de dois eventos sedimentares distintos: unidade basal arenosa (Unidade I - correspondente ao CDA) e o enchimento orgânico da depressão interdunar (Unidade II). A passagem da unidade I para a II é marcada por um enriquecimento em matéria orgânica, pelo que se optou por diferenciar esta zona da subjacente, definindo-se duas subunidades (Ia - base e Ib - topo) na Unidade I.

Tal como no interdunar anterior (BB), a descrição das unidades e a interpretação posterior baseiam-se nos resultados sedimentológicos (**Anexo A.II.4**) dos referidos níveis analisados (principalmente da sondagem BM3) mas igualmente na descrição macroscópica de campo e de laboratório das restantes sondagens (**Anexo A.IV.3**).

A **Unidade I** (*espessura máxima atravessada* = 2,92 m - BM13; *espessura mínima atravessada* = 0,05m - BM5, BM6, BM7, BM8, BM9, BM10, BM11, BM12, BM17) corresponde às areias do CDA, pelo que a sua espessura real ultrapassa os valores observados. A passagem para a Unidade II é marcada pelo enriquecimento em matéria orgânica, mais evidente nas sondagens BM1, BM2, BM3 - **Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-21C/D/E**, BM13, BM14, BM15, BM17, BM18, BM19, BM20 e BM21. O teor em matéria orgânica é utilizado como indicador para a subdivisão da Unidade I em duas subunidades - a sub-unidade Ia (base) empobrecida e a sub-unidade Ib (topo) enriquecida:

**Sub-Unidade Ia** (*espessura máxima atravessada* = 2,13m - BM15; *espessura mínima atravessada* = não atingida em algumas sondagens) - é constituída maioritariamente por areias (%  $>63 \mu\text{m}$   $>96,1 \%$ ) (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-21D/E, A.V.4.2-22**), excepto dois níveis próximos da base das sondagens BM3 e BM4 onde o sedimento adquire textura mais fina, entre vasas arenosas e areias pouco vasosas (%  $>63 \mu\text{m}$  entre 39,5 - 79,3 %). As areias têm teor de MO muito baixo (% MO entre 0,0 - 0,6 %, apenas ocorrendo um valor mais elevado de 1,2% que se associa aos níveis de textura mais fina anteriormente referidos na sondagem BM4) e são isentas de bioclastos. Os sedimentos desta sub-unidade apresentam valores muito heterogéneos de pH (3,63 a 7,21), revelando a presença de sedimentos com características hiperácidas a neutras. No entanto, importa salientar que os sedimentos hiperácidos se restringem apenas à sondagem BM13, não se conseguindo encontrar justificação para esta ocorrência, sendo os restantes subácidos a

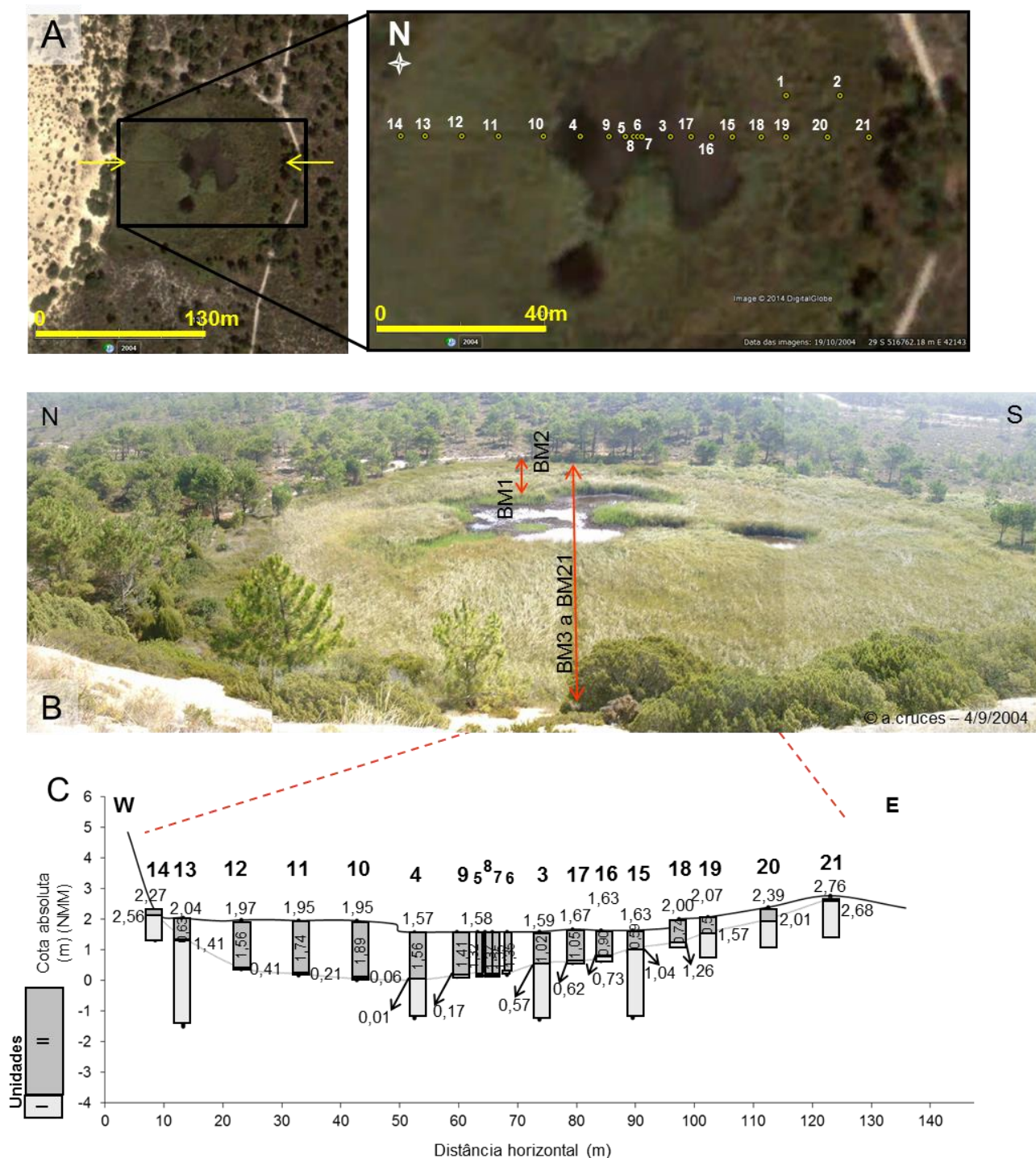
neutros (**Figura VI.2-34, Figura VI.2-35**). Deste modo, contrariamente ao verificado no Poço do Barbaroxa de Baixo, nem sempre os valores mais baixos estão associados aos sedimentos próximos do contacto com a unidade sobrejacente.

De uma forma geral, tal como registado no Poço do Barbaroxa de Baixo, a componente grosseira destes sedimentos é constituída por areias médias a grosseiras (1,65 a 0,37  $\phi$ ), moderadamente bem a moderadamente calibradas (0,56 a 1,01  $\phi$ , apenas uma amostra de BM13 revela boa calibragem - 0,43  $\phi$ ) (**Figura VI.2-36**), essencialmente com distribuições simétricas ou com assimetria positiva e maioritariamente mesocúrtica. Os níveis da base das sondagens BM3 e BM4 apresentam as médias mais baixas (1,37 - 2,11  $\phi$ ) e os valores de desvio padrão mais elevados, indiciando uma sedimentação de textura mais fina correspondendo a areias médias a finas, moderadamente calibradas. Estas apresentam curva de distribuição granulométrica com assimetria positiva ou muito positiva e leptó a platicúrtica. Do ponto de vista mineralógico, as areias da unidade Ia são quase exclusivamente constituídas por grãos de quartzo, hialinos e leitosos, rolados a sub-rolados. Nos níveis da base das sondagens BM3 e BM4 nota-se um predomínio do quartzo hialino, muito brilhante ao qual se associam outros minerais de coloração mais escura (embora em pequena percentagem), não identificados mas que podem corresponder a minerais pesados, metálicos e não metálicos.

**Sub-Unidade Ib** (*espessura máxima atravessada = 1,22 m - BM21; espessura mínima atravessada = não detectada em algumas sondagens*) - é constituída por areias e areias pouco vasosas (% > 63  $\mu$ m entre 78,5 e 97,9 %), hiperácidas a neutras (pH entre 3,96 e 6,64), com teor de MO baixo a elevado (0,8 - 8,6 %), (**Tabela VI.2-11, Figura VI.2-34**), igualmente isentas de carbonato de cálcio.

Em algumas sondagens, regista-se a passagem de sedimentos com teor de MO muito baixo (%MO <1% - sub-unidade Ia) para teores mais elevados, podendo atingir 8,6 %; em outras, porém, esta passagem é marcada por um enriquecimento gradual de MO (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-16C/D/E**) passando-se das areias “limpas” da unidade Ia para areias algo orgânicas (unidade Ib) para turfas arenosas e turfas/lodos turfosos (unidade II), como se regista em BM3, BM13, BM14, Bm15, BM18, BM19, BM20 e BM21. Tal como no enchimento sedimentar do Poço a norte, o contacto dos sedimentos detríticos (Unidade I) com os depósitos orgânicos (unidade II) é brusco.

A componente superior a 63 $\mu$ m é composta por areias médias a grosseiras (-0,05 a 1,30  $\phi$ ), moderadamente bem a moderadamente calibradas (0,50 a 0,92  $\phi$ ) (**Figura VI.2-36**), com curva de distribuição simétrica ou assimétrica positiva e essencialmente mesocúrtica. A composição mineralógica é semelhante à da sub-unidade Ia. No entanto, é notório o enriquecimento em todas as classes granulométricas da componente orgânica (este teor era praticamente nulo nas areias basais), composta por fibras e pequenos caules que podem atingir dimensões centimétricas (<3 cm).



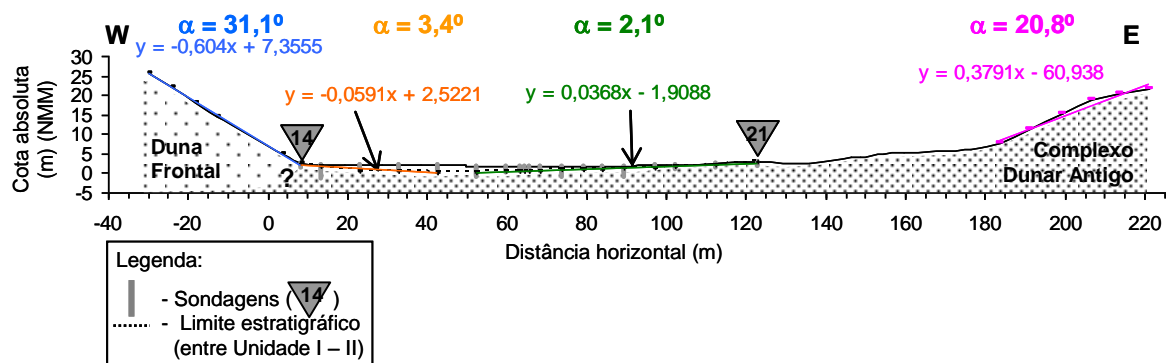
**Figura VI.2-31** - Sondagens W-E efectuadas no Poço do Barbaroxa do Meio.

**A** - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BM3 a BM21, localização das sondagens de prospecção BM1 e BM2 (imagem de Google Earth);

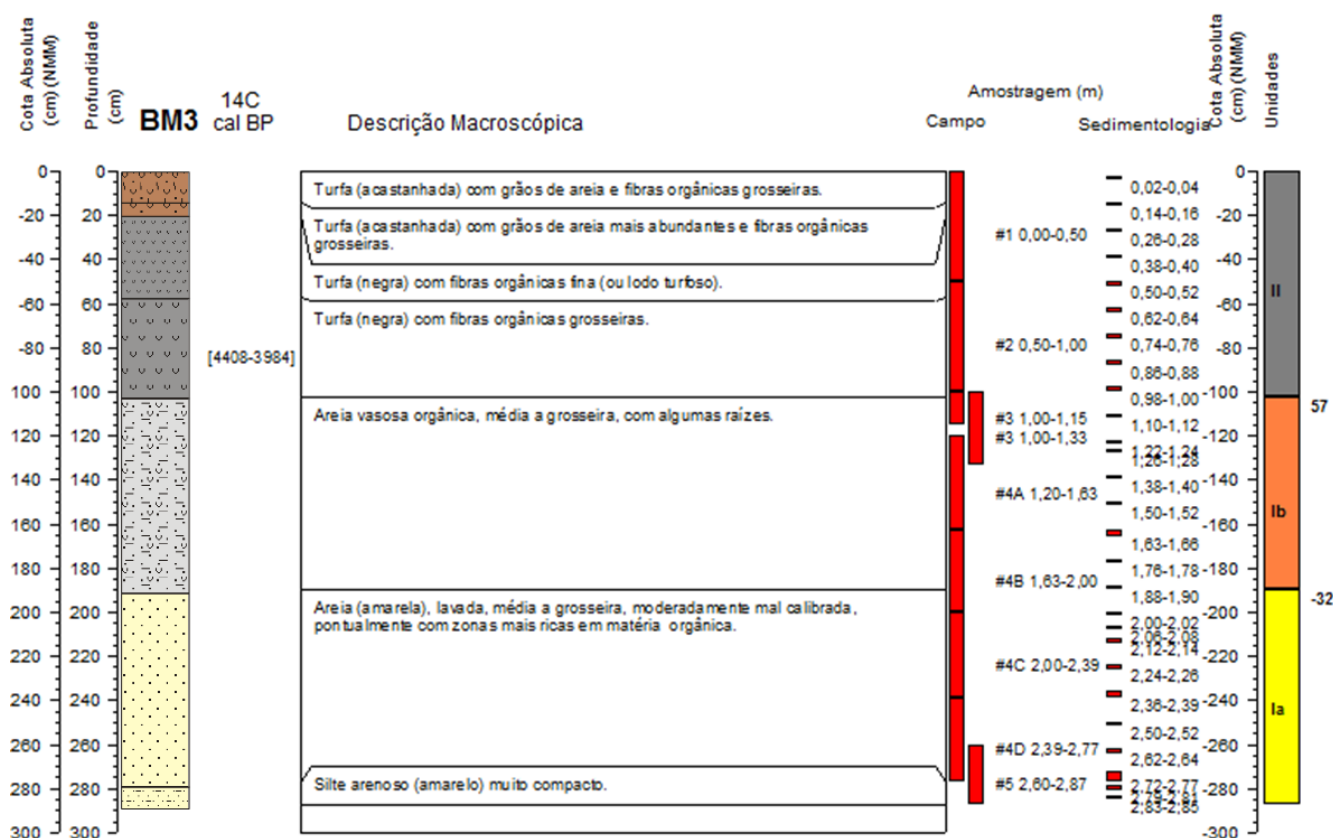
**B** - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BM3 a BM21, localização das sondagens de prospecção BM1 e BM2 (fotografia oblíqua);

**C** - perfil topográfico do alinhamento de sondagens (transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar); nele se incluem as sondagens com a respectiva altimetria relativamente ao NMM, a espessura máxima da unidade II (orgânica) e a cota (m - NMM) do limite entre as unidades I e II (escala vertical sobrelevada 5x).





**Figura VI.2-32** - Perfil topográfico E-W (realizado com estação total) entre a Duna Frontal (W) e o Complexo Dunar Antigo (E) contendo o perfil das sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio (escala horizontal = escala vertical). A continuação do complexo dunar sob o enchimento sedimentar orgânico corresponde ao contacto entre as unidades estratigráficas I e II. O ângulo  $\alpha$  de cada secção foi calculado tendo em conta que  $\text{tg } \alpha = \text{declive}$ .



**Figura VI.2-33** - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e unidades da sondagem BM3.

A comparação com os materiais da Duna Frontal e do CDA revela que os sedimentos da Unidade I são, do ponto de vista textural e composicional, semelhantes a estes. Os sedimentos do complexo dunar recente (duna frontal) e do antigo correspondem a areias ( $\%>63\mu\text{m} >98,9\%$ ), subácidas a neutras (pH entre 6,12 e 6,71), com teor de MO muito baixo ( $\% \text{MO} <0,6\%$ ) (**Figura VI.2-34**) e sem carbonato de cálcio. Os sedimentos da sub-unidade Ib destacam-se destes por apresentarem maior teor em MO, como consequência da proximidade à unidade II, orgânica. A presença desta componente (embora em reduzida percentagem), à qual se adiciona a circulação de águas mais ácidas ricas em ácidos húmicos e  $\text{H}_2\text{CO}_3$



(resultante da dissolução do CO<sub>2</sub> nas águas subterrâneas, formado durante a mineralização da MO da unidade sobrejacente), é suficiente para que se verifique a redução do pH do meio e os sedimentos adquiram características ácidas. As características hiperácidas dos sedimentos com teor muito baixo de MO da sondagem BM13 tornam-nos distintos dos restantes materiais essencialmente arenosos, pelo que parecem indicar a ocorrência provável de um processo, até ao momento ainda não compreendido, posterior à sua deposição, pois as restantes características texturais e composicionais atestam a semelhança destes materiais aos dos complexos-dunar recente ou antigo.

Os resultados obtidos no estudo sedimentológico desta unidade I sugerem uma origem eólica para os depósitos. O enriquecimento em matéria orgânica e a diminuição do pH são processos posteriores à sua génese e consequência da proximidade aos depósitos orgânicos mais recentes e a fenómenos de percolação.

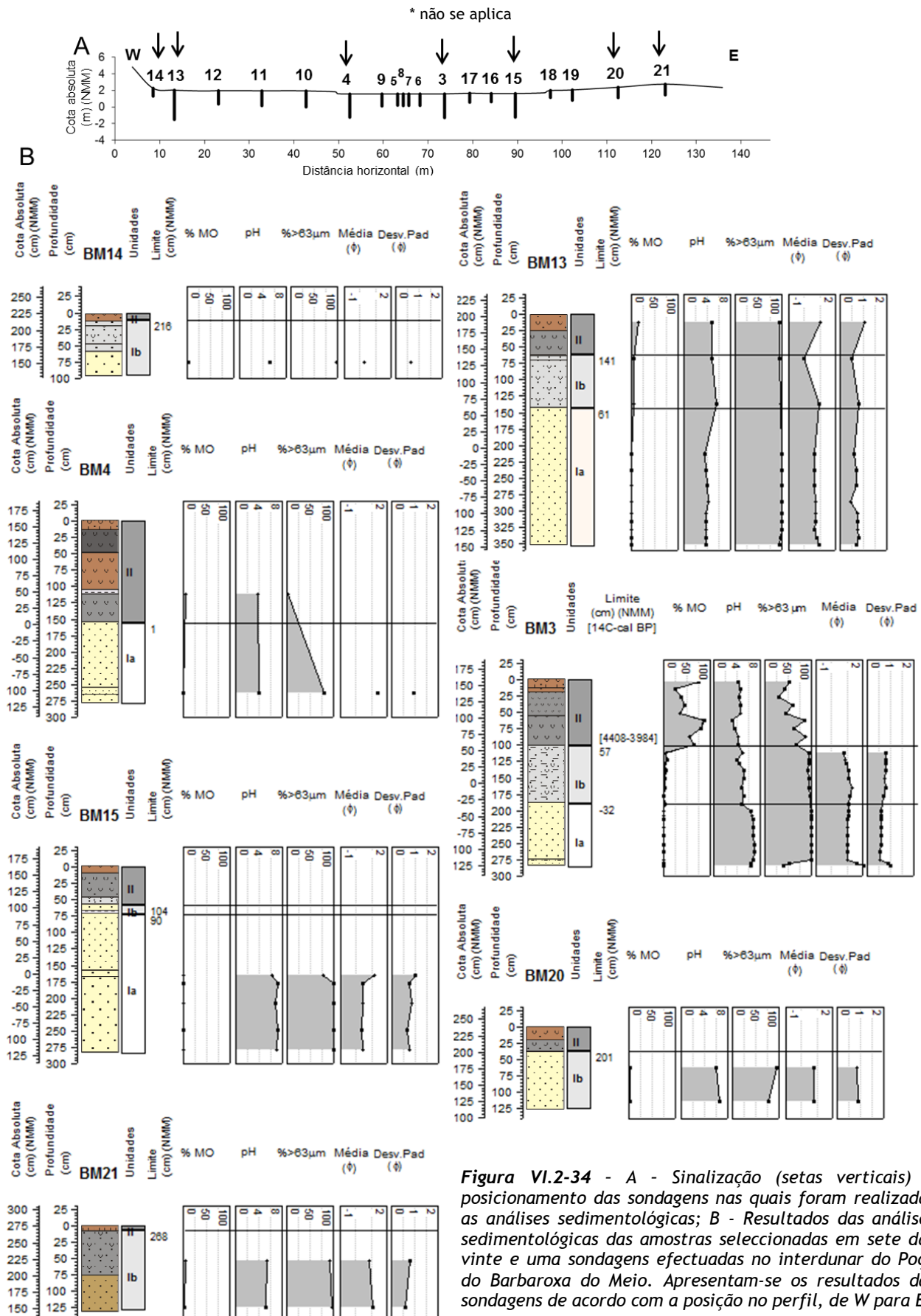
**Tabela VI.2-10** - Profundidade máxima atingida em cada uma das sondagens efectuadas no Poço do Barbaroxa do Meio, espessura atravessada de cada unidade e número de amostras analisadas.

Nº amostras analisadas		Espessura atravessada (m)		Profundidade máxima atingida (m)	Cota da boca da sondagem (m)	Perfil de sondagens																			E	Sondagens de Prospecção																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						W																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
							BM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
							14	13	12	11	10	4	9	5	8	7	6	3	17	16	15	18	19	20				21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	-	0,85	0,11	0,96	2,27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														</

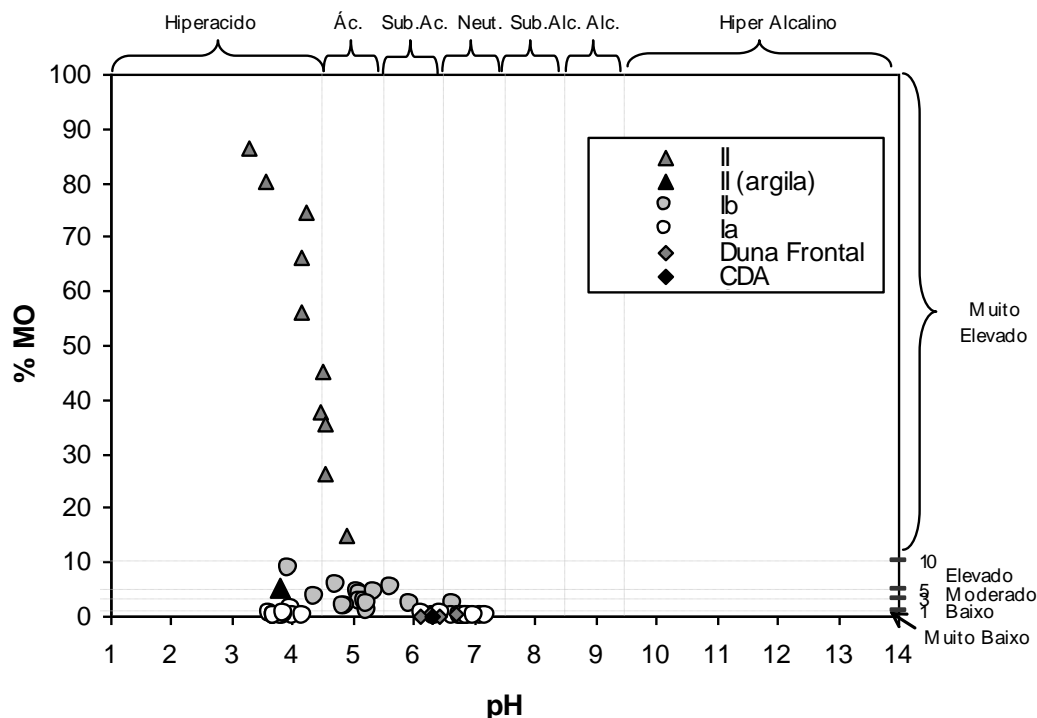
A negrito - valores máximos.

**Tabela VI.2-11** - Características sedimentológicas das unidades/sub-unidades do preenchimento do interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio. As estatísticas granulométricas referem-se à fracção grosseira (>63µm) do sedimento.

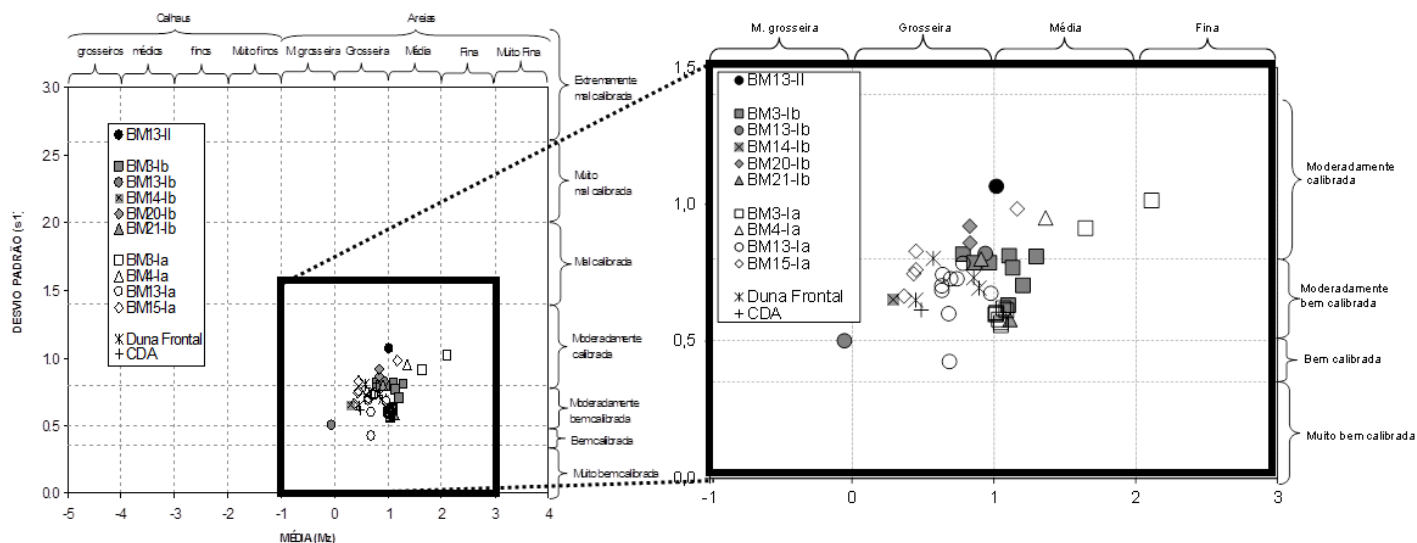
Unidade	%>63 µm	pH	% O.M.	Média Mz (φ)	Desvio Padrão σ1 (φ)	Assimetria	Curtose
II	29 - 96	3,3 - 4,9	15,1 - 85,5	*	*	*	*
Ib	79 - 98	4,0 - 6,6	0,8 - 8,6	-0,05 - 1,30	0,50 - 0,92	-0,06 a 0,20	0,91 a 1,42
Ia	96 - 99	3,6 - 7,2	0,0 - 0,6	0,37 - 1,17	0,43 - 0,98	0,43 a 0,98	-0,06 a 0,28



**Figura VI.2-34** - A - Sinalização (setas verticais) e posicionamento das sondagens nas quais foram realizadas as análises sedimentológicas; B - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em sete das vinte e uma sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio. Apresentam-se os resultados das sondagens de acordo com a posição no perfil, de W para E.



**Figura VI.2-35** - Variação do teor de matéria orgânica versus pH nos sedimentos das unidades I e II do interdunar e nas areias da aba sotavento da Duna Frontal e do CDA adjacentes ao interdunar.



**Figura VI.2-36** - Parâmetros, obtidos pelo método gráfico, da componente grosseira dos sedimentos das Unidades I (Ia, Ib) e II, da Duna Frontal e do Complexo Dunar Antigo.

**Unidade II** (espessura máxima atravessada = 1,89m - BM10; espessura mínima atravessada = 0,08m - BM21) - esta unidade apresenta menor espessura que a correspondente no interdunar do Barbaroxa de Baixo. É essencialmente constituída por turfa, maioritariamente grosseira, em que é comum a presença de raízes em posição vertical. A observação minuciosa da sequência sedimentar da sondagem escolhida como representativa do enchimento (BM3) revela uma sequência de turfas grosseiras que passam a turfas

lodosas/lodos turfosos, ocorrendo diminuição para o topo da componente superior a 63  $\mu\text{m}$ , invertendo-se esta tendência nos 25cm superficiais (**Figura VI.2-34**).

Os sedimentos típicos desta unidade essencialmente turfosa (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-16**) têm teores de MO muito elevados (15,1 a 85,5 %), são hiperácidos a ácidos (pH entre 3,28 e 4,90), e com percentagens muito elevadas de partículas grosseiras ( $\%>63\mu\text{m}$  - 29,4 a 96,1 %). A composição da componente grosseira destes sedimentos é idêntica à observada na unidade II do interdunar Barbaroxa de Baixo com níveis onde ocorrem exclusivamente restos orgânicos e outros em que se lhes adiciona componente detrítica. Estes níveis com maior componente arenosa correspondem a uma das ocorrências com características distintas no seio da sedimentação orgânica turfosa típica deste enchimento sedimentar (evento 2) que importa realçar, juntamente com uma outra mais antiga (evento 1), posicionada próximo do contacto com a Unidade I:

#### Evento 1 - “evento fino minerogénico”:

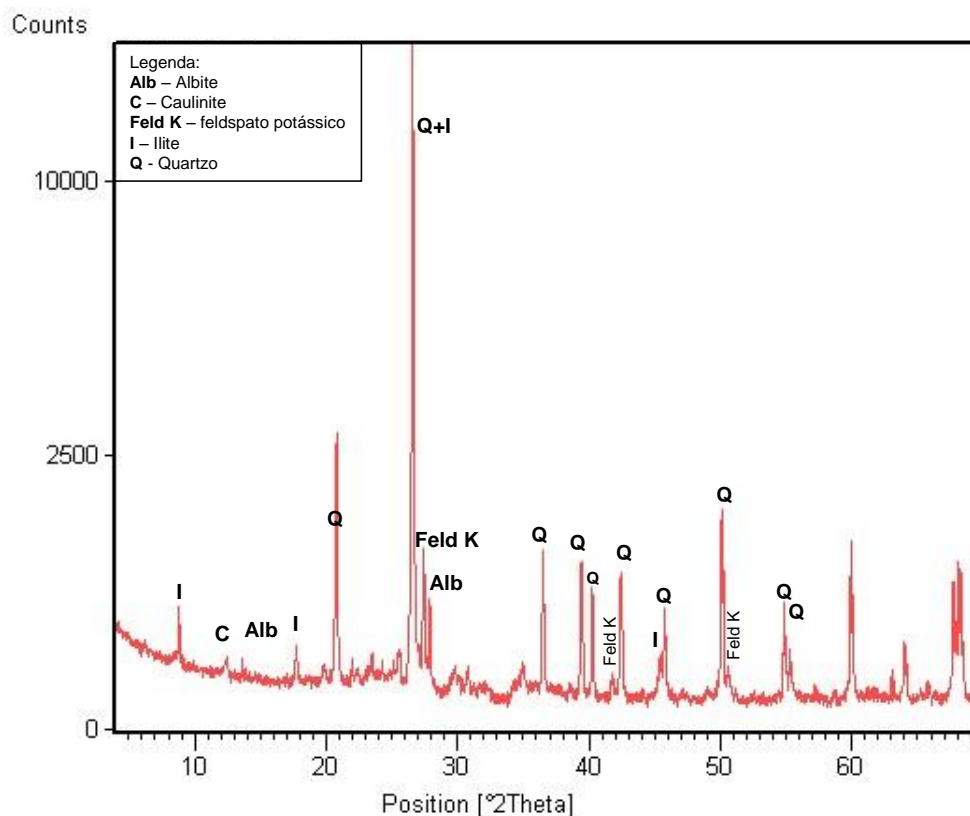
Corresponde a um episódio sedimentar ocorrido pouco tempo depois do início da sedimentação turfosa na depressão interdunar.

Os depósitos deste evento correspondem a vasas ( $\% > 63 \mu\text{m} = 3,1 \%$ ), de coloração esbranquiçada, com teores de MO elevados ( $\% \text{MO} = 5,1 \%$ ) e hiperácidas (pH = 3,78) (**Figura VI.2-34 - BM4, Figura VI.2-35**). A componente grosseira destes sedimentos é constituída por pequenas fibras e agregados de matéria orgânica e a reduzida componente minerogénica restringe-se a areias essencialmente quártzicas muito finas (3-4 $\phi$ ). A análise da fracção  $<63\mu\text{m}$  por difractometria de RX da amostra 1,07-1,14 da sondagem BM4, permitiu identificar a presença abundante de sílica cristalina (Quartzo), juntamente com outras espécies minerais como o feldspato potássico (ortose), albite, ilite, caulinite (**Figura VI.2-37**).

Esta mineralogia é idêntica à observada no difractograma do sedimento do “evento fino minerogénico” do Poço do Barbaroxa de Baixo (nível 4,09-4,16m - BB8), sugerindo uma génese contemporânea para o evento nos dois Poços.

A análise química do sedimento, por EDXRF, permitiu a obtenção de resultados para 21 elementos (Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Pb). Como não houve caracterização química dos restantes sedimentos do enchimento deste interdunar, optou-se por estabelecer uma comparação com a assinatura química do nível idêntico de BB8 (4,09-4,16) e com os resultados da caracterização química dos sedimentos do enchimento do interdunar Lagoa da Sancha (**Figura VI.2-22**).

Os resultados são idênticos aos já descritos para o nível 4,09-4,16 de BB8: sedimentos enriquecidos em silício (41 %), ao qual se adiciona reduzidas quantidades de outros elementos, tais como o Al (2,78 %), o K (1,25 %), o Fe (0,36 %), o S (0,24 %) e o Mg (0,22 %) (**Figura VI.2-22A/B/C/D**). Os valores baixos de alumínio sugerem pequena quantidade de aluminossilicatos e a detecção de K, confirma a existência de ilite, caulinite, podendo também parte deste estar em feldspatos, como a ortose (detectada por Difractometria de RX). Quanto aos elementos com concentrações vestigiais ( $<0,1 \%$ ), destaca-se a presença do Rb e do Zr e de uma forma geral o baixo teor em metais pesados (**Figura VI.2-22A/E**), reforçando uma proveniência continental das partículas.



**Figura VI.2-37** - Difractograma de RX do nível 1,07-1,14m da sondagem BM4.

A comparação com os sedimentos do interdunar da Lagoa da Sancha revela que a assinatura química do nível BM4 1,07-1,14 é muito semelhante à dos materiais arenosos quártzicos do Complexo Dunar Antigo que constituem a base da sondagem (Unidade I), embora a areia quártzica presente em BM4 seja de granularidade substancialmente mais baixa (areia fina a muito fina).

Este evento sedimentar, detectado em três sondagens - BM4, BM5 e BM9 - não se encontra sempre à mesma cota (**Figura VI.2-38**). Apesar do diferente posicionamento altimétrico da base deste evento, poucos centímetros acima do início da sedimentação turfosa Unidade II, detectado de W para E a 0,43 (BM4), a 0,26 (BM9) e a 0,64m (BM5) (NMM) reflecte a ocorrência de um único evento sedimentar que ficaria marcado no registo geológico em posições altimétricas diferentes (na ordem dos 38cm). Estas posições podem ser indiciadoras de irregularidades topográficas antigas do fundo do interdunar, depositando-se esses sedimentos na paleotopografia contemporânea do evento.

De assinalar que este nível não foi encontrado em todas as sondagens nem apresenta sempre a mesma espessura. Efectivamente, onde apareceu com maior expressão foi nas sondagens BM9, com 23cm de espessura intervalando com 8 cm de turfa, enquanto em BM4 e BM5 se reduz a 7 e 5cm, respectivamente. Durante a observação/descrição de campo este nível pode ter passado despercebido devido à sua reduzida espessura no seio das turfas, pelo que se interroga a sua ocorrência nas restantes sondagens.

#### Evento 2 - “turfa com grãos de areia dispersos”:

A análise macroscópica das sequências sedimentares indica que a sedimentação turfosa é pontuada por grãos de areia que se encontram dispersos no seio do emaranhado de raízes, mais próximo do topo das

sondagens (de W para E nas sondagens BM14, BM13, BM12, BM11, BM4, BM9, BM5, BM8, BM7, BM6, BM3, BM16, BM15 e BM20 - **Tabela VI.2-12**) e que de uma forma geral aparecem nos primeiros 25cm superficiais, com excepção das sondagens BM15 e BM16, onde aparecem a 48 e 90 cm, respectivamente.

No entanto, ao observarmos a cota absoluta a que este evento se inicia, verifica-se que na zona central mais a E (BM16 e BM15), aparece a cotas mais baixas (+0,73 e +1,04 m), na zona central (entre BM4 e BM3) aparece em média a +1,45 m e à medida que nos afastamos para a periferia da turfeira aparece a cotas superiores a +1,70 ou mesmo a mais de +2,0m (NMM). Esta geometria da sedimentação turfosa com “grãos de areia” sugere uma sedimentação que se acomoda à paleotopografia contemporânea, indicando que no início deste evento a zona mais profunda da turfeira situar-se-ia nas imediações de BM15/16.

**Tabela VI.2-12** - Profundidade e cota absoluta do aparecimento de grãos detríticos quártzicos dispersos no meio da turfa e da ocorrência de lâminas arenosas.

		W	Perfil de sondagens																			E	Sondagens de Prospecção	
		BM																						
		14	13	12	11	10	4	9	5	8	7	6	3	17	16	15	18	19	20	21	1	2		
Profundidade (m)	2,16	11					15	10	15	10	14	12	20		90	48			20		26			
Cota (m)	1,79	25	25	25		1,42	1,48	1,43	1,48	1,44	1,46	1,39		0,73	1,04			2,19						

- a cota está reportada ao NMM (Nível Médio do Mar). A negrito as duas cotas mais baixas e mais altas em que este evento começa.

A análise sedimentológica cuidada à lupa binocular dos materiais da sondagem BM3 revela que a presença desta componente detrítica se prolonga para além dos 20 cm estimados macroscopicamente. A sua presença faz-se notar até aos 90 cm de profundidade, embora seja mais importante nos primeiros 52 cm superficiais e mais ainda nos primeiros 20 cm. Este material detrítico é essencialmente quártzico (maioritariamente hialino e algum leitoso), dimensionalmente correspondendo a areias médias. A adição de material minerogénico às turfas, conduz à diminuição do teor de matéria orgânica (26,1 - 35,7 %), diminuição esta suficiente para inverter a hiperacidez característica destes depósitos turfosos; aqui os sedimentos são maioritariamente ácidos (pH entre 4,51 e 4,53). A análise granulométrica da fracção grosseira destes níveis na sondagem BM13 (amostra 0,00-0,25) revela que as classes mais grosseiras são constituídas exclusivamente por fibras e agregados orgânicos extremamente grosseiros e que o material detrítico quártzico é mais abundante e concentrado nas classes granulométricas médias a finas, moderadamente calibrado com distribuição assimétrica positiva e leptocúrtica.

Pode concluir-se que o material detrítico presente no seio das turfas, embora se distinga dimensionalmente dos sedimentos da Duna Frontal e do CDA por ser mais fino (areias médias a finas) é idêntico do ponto de vista mineralógico.

#### VI.2.2.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação

No interdunar do Barbaroxa do Meio foram seleccionadas duas amostras para datação isotópica por  $^{14}\text{C}$ , em duas sondagens: BM1 - 0,52-0,54 m, BM3 - 0,96-0,98 m. O nível seleccionado em BM1 corresponde à base da Unidade II (contacto com unidade Ib), enquanto o seleccionado em BM3 se encontra 4cm acima do mesmo contacto. Tendo em conta os resultados obtidos (**Tabela VI.2-13**), as idades radiocarbono calibradas permitem inferir taxas de sedimentação de 0,45 mm/ano e de 0,23 mm/ano para as sequências sedimentares BM1 e BM3, respectivamente. É interessante notar a semelhança das taxas obtidas neste interdunar com a anteriormente referida como média para o Poço do Barbaroxa de Baixo (0,51mm/ano). Mais uma vez os valores aqui obtidos encontram-se no intervalo dos valores estimados no estudo de QUEIROZ (1999) para a sedimentação no interdunar do Barbaroxa de Cima (0,10 e 1,33mm/ano).

A assinatura isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  obtida nas turfas da Unidade II, com valores de -28,7 ‰ e -26,5 ‰ para BM1 e BM3, respectivamente, encontrando-se entre -35 ‰ e -20 ‰, intervalo referido por GEYH & SCHLEICHER (1990) para materiais orgânicos continentais (madeira, carvão e turfa), corroborando uma origem continental para a sedimentação das turfas, tal como já referido para o interdunar anterior.

**Tabela VI.2-13** - Idades radiocarbono e assinatura isotópica dos níveis seleccionados nas sondagens BM1 e BM3 do Poço do Barbaroxa do Meio.

Código de Laboratório	Profundidade (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	Tipo de Material	Método	Idade Convencional $^{14}\text{C}$ (anos BP)	Idade calibrada - $2\sigma$ (cal BP)	Interseção (cal BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Beta 167492	BM1 0,52-0,54	-	turfa	AMS	1270 $\pm$ 40	1288 - 1122 1112 - 1084	1186	-28,7
Beta 206769	BM3 0,96-0,98	+0,88/+0,86	turfa	Clássico	3790 $\pm$ 70	4408 - 4058 4054 - 3984	4196	-26,5

#### VI.2.2.2.3 Interpretação dos resultados

Os resultados obtidos no enchimento sedimentar orgânico sugerem que esta depressão interdunar constituía um “interdunar seco” (“dry dune slack”) no vasto CDA (*Unidade Ia*) e que há cerca de 4200 anos cal BP, o nível freático no interior do CDA terá atingido ou excedido (pouco) a superfície topográfica do fundo da depressão no ponto da sondagem BM3 (0,57 m - NMM). No entanto, o fundo da depressão apresenta cotas mais baixas no ponto da sondagem BM4 (0,01 m-NMM), pelo que a disponibilidade/permanência de água geradora de condições óptimas ao aparecimento das primeiras comunidades vegetais e à manutenção de um ambiente de turfeira (regime de paludificação) devem ter ocorrido antes de 4200 cal BP. A existência de valores de taxas de sedimentação torna extremamente tentador a extrapolação da idade radiocarbono para este limite. No entanto, a sedimentação pode ocorrer contemporaneamente a cotas diferenciadas, pelo que é arriscado tentar fazer essa extrapolação.

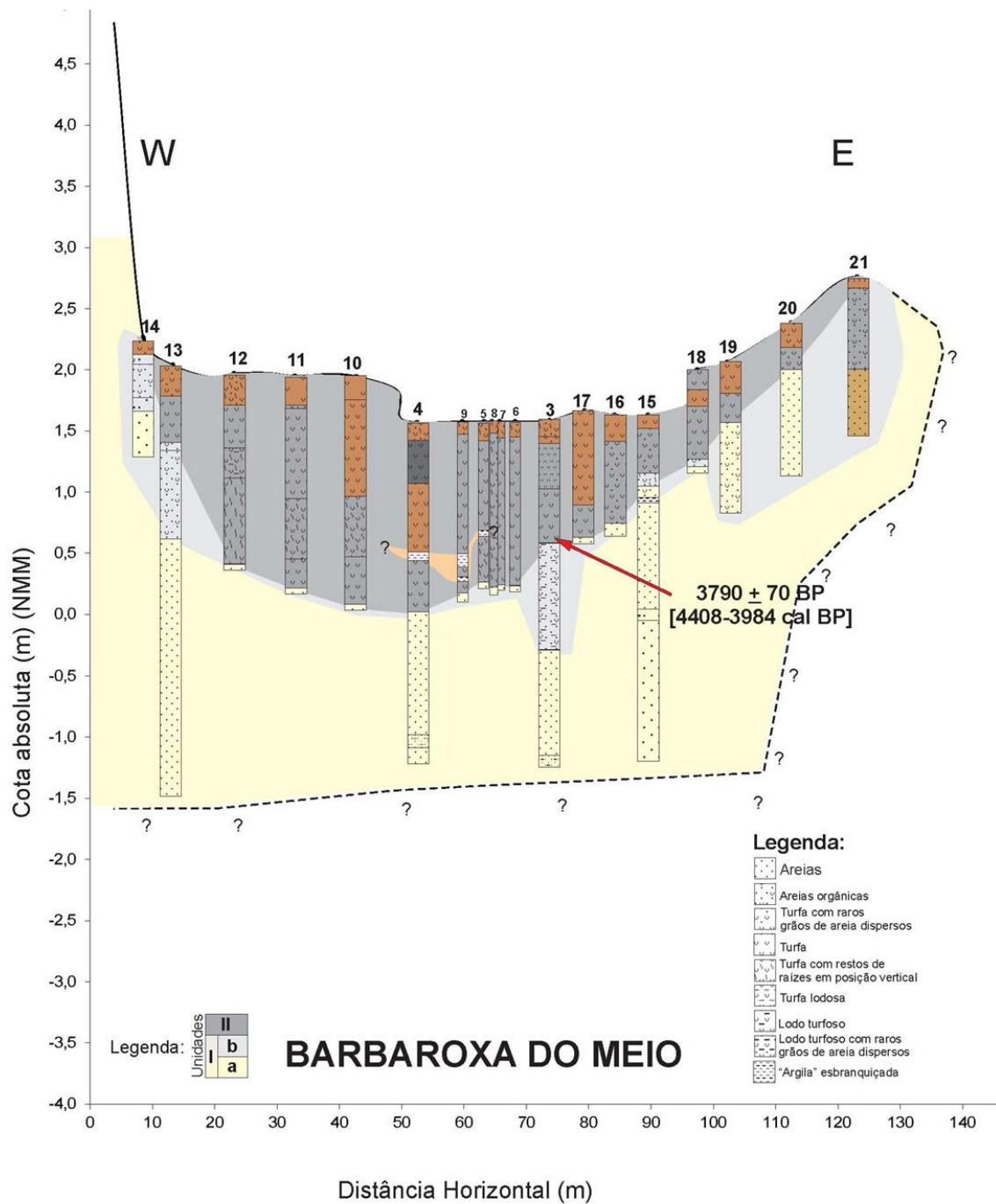
Posteriormente, durante a acumulação de turfa ocorre, localmente, uma modificação ambiental, ainda não suficientemente compreendida, que conduz à deposição de vasas de coloração esbranquiçada de baixo teor em matéria orgânica, na região das sondagens BM4, BM5 e BM9, formando níveis de pequena dimensão (espessura máxima 23cm - **Figura VI.2-38**). O início da deposição deste evento ocorre a cotas entre +0,63 e +0,89 m (NMM), cotas muito superiores às registadas em evento semelhante do interdunar



do Poço do Barbaroxa de Baixo (entre -1,85 e -2,53 m, NMM). Têm no entanto, semelhanças texturais e mineralógicas, correspondendo a um evento sedimentar que nos dois locais se traduz num nível de reduzida expressão próximo do contacto com a unidade I. A similitude deste evento nos dois interdunares pode sugerir a ocorrência de um fenómeno síncrono nos dois ambientes, correspondendo a um período a que não deve corresponder importante inundação (típica dos depósitos vasosos da sedimentação límnica), até porque fora desta zona mais profunda eles não ocorrem. No entanto, as condições iniciais da turfeira sofreram, localmente, modificações que permitiram a génese deste evento atípico. A origem destes materiais de textura fina, essencialmente quártzicos não se encontra estabelecida, apontando-se apenas hipóteses (ver mais à frente no ponto IV.3.3.4 - Integração dos resultados das diferentes escalas temporais dos quatro interdunares).

Posteriormente, a sedimentação turfosa evolui evidenciando uma sequência, de turfas grosseiras a turfas lodosas/lodosos turfosos (BM3 - *Figura VI.2-34*), reflexo de um aumento da coluna de água, indicando a passagem inicial de ambientes de características terrestres a semi-terrestres para ambiente telmático, ao qual terá correspondido uma zona de alagamento franco (profundidade da coluna de água de alguns centímetros a cerca de 1 m). Esta tendência parece ter-se invertido, ligeiramente, durante a sedimentação dos últimos 25 cm, inserindo-se, actualmente a sondagem BM3 na região topograficamente mais baixa que regista inundação sazonal.

Tendo em conta a idade radiocarbono obtida em BM3 de 3790 ± 70 BP (4196 cal BP), a 97 cm de profundidade, que permitiu a obtenção do valor da taxa de sedimentação média de 0,23mm/ano, pode afirmar-se que o aparecimento dos grãos de areia dispersos nas turfas, observado a partir dos 20 cm de profundidade, terá tido o seu início aproximadamente há 850 anos cal BP. Embora detectado também noutras sondagens, a ausência de datações nelas impede a determinação do início desta sedimentação turfosa “pontuada” de grãos de areia.



**Figura VI.2-38** - Secção transversal do enchimento sedimentar da depressão interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio, (escala vertical sobrelevada 20x).

## VI.2.3 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA

### VI.2.3.1 Micro-escala

#### VI.2.3.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso

Ao contrário do observado nos Poços do Barbaroxa de Baixo e do Meio, no Poço do Barbaroxa de Cima, a altimetria do actual fundo da depressão é mais regular e o seu fundo encontra-se a cotas mais elevadas que nos restantes - **Figura VI.2-1** (entre +2,15 m e +2,95 m - NMM, correspondendo à cota da boca das sondagens BC8 e BC13, respectivamente - **Figura VI.2-39**). Deste modo, ocorre em primeiro lugar o afloramento do nível freático no Poço do Barbaroxa de Baixo (+1,03 m - BxBx5), depois no do Meio (+1,57 m - BM4) e apenas se verificará o afloramento do freático no de Cima se o nível ultrapassar 87 cm a cota do Barbaroxa de Baixo ( $1,03 + 1,12 = 2,15$  m - BC8). Isto indica que só ocorrerá inundação deste interdunar quando no Barbaroxa de Baixo se registar a presença de um corpo aquoso com mais de 112cm de espessura. Note-se que todas as sondagens têm a cota de boca de furo acima de +2,15 m. Pelo exposto, sabe-se que durante o período de monitorização do hidrossoma de BB, nunca se registaram espessuras muito superiores a 1m, pelo que se julga que esta ocorrência não deve ser frequente e a apoiá-la apresentam-se duas evidências:

1. a homogeneidade da densidade do coberto vegetal do Barbaroxa de Cima, sem a presença de uma zona de “clareira” na vegetação (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12**), tal como se verifica nos Poços a norte; este indica que mesmo que a inundação ocorra, não deve ter grande permanência, nem a espessura deve ser considerável, pois não impede a fixação de vegetação semi-terrestre ou terrestre e nem provoca a sua regressão para a periferia;

2. a espessura da coluna de água do Poço do Barbaroxa de Baixo não pareceu exceder muito 1,0 m (durante o período em que decorreu o estudo foram realizadas observações em diferentes épocas do ano - Primavera, Verão, Outono, Inverno) e neste máximo de inundação ainda seria necessária a subida de mais 12cm para que se verificasse o afloramento do nível freático no Barbaroxa de Cima.

A presença constante do nível freático abaixo da superfície topográfica (10 - 20 cm) apenas possibilitou a avaliação das características físico-químicas dentro dos furos das sondagens (BC12), revelando a presença de águas oligohalinas e ácidas (**Tabela VI.2-1**).

### VI.2.3.2 MACRO-ESCALA

#### VI.2.3.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico

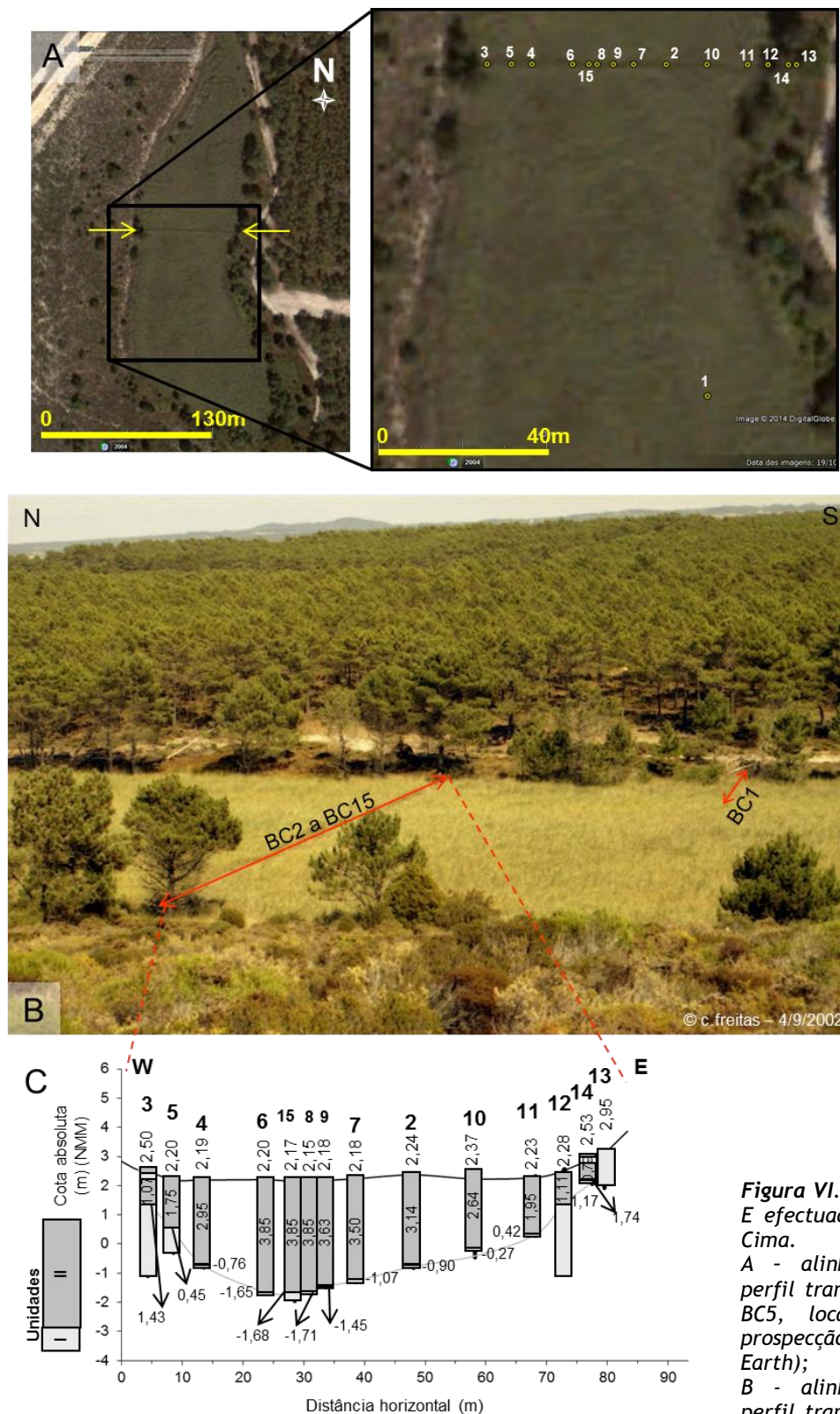
O reconhecimento da estrutura e geometria do enchimento sedimentar da depressão interdunar do Barbaroxa de Cima foi conseguido através do estudo das 14 sondagens efectuadas num perfil transversal, aproximadamente a meio do eixo máximo da depressão (**Figura VI.2-39, Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-12**). O enchimento tem espessura máxima de 3,85 m (sondagem BC6, BC8 e BC15) (**Tabela VI.2-14, Figura VI.2-39**) e assenta, como no caso dos interdunares anteriores, em substrato arenoso (CDA). Tal como no Barbaroxa do Meio, revela uma secção transversal (E-W) de forma lenticular assimétrica, biselando

lateralmente (**Tabela VI.2-14, Figura VI.2-40**). O contacto entre o CDA e o enchimento orgânico revela a cota mais baixa descentrada para W (-1,71 m na BC8), pelo que em consequência o declive do limite entre o substrato arenoso e o enchimento orgânico é diferente nas duas vertentes, revelando-se mais suave a nascente (4,6°) e mais íngreme a poente (8,9°) (**Figura VI.2-40**). Esta assimetria estende-se aos flancos dunares expostos (correspondem ao prolongamento da forma dunar acima do preenchimento), acentuando-se um pouco os declives, registando-se: a nascente - 6,5° e a poente 10,4°. Esta morfologia distingue-se da observada nos interdunares do Poço do Barbaroxa de Baixo e do Meio que revelam “fundos” muito aplanados (0,7° - BB, 2,1° a 3,4° - BM) contrastando com o declive dos flancos expostos (6,3° e 17,5° - BB, 20,8° e 31,1° - BM). Essa diferença resulta, principalmente, de o limite W destes dois Poços coincidir com o flanco sotavento da duna frontal activa, enquanto que no Poço do Barbaroxa de Cima o mesmo limite é materializado por um cordão dunar pertencente ao CDA.

A sondagem BC2 foi escolhida como representante do enchimento sedimentar deste interdunar, pelo que a sedimentação orgânica foi totalmente amostrada (com excepção dos 14cm mais profundos), tendo-se posteriormente seleccionado 27 níveis (submostras, maioritariamente, com espessuras entre 2-6cm), com espaçamento de aproximadamente 10cm, por vezes menor ou maior no caso de mudanças sedimentares bruscas ou de grande homogeneidade, respectivamente (**Figura VI.2-41**). Nas restantes sondagens foram seleccionadas mais 6 amostras para completar a caracterização do enchimento orgânico (**Tabela VI.2-14**). A diminuta recuperação do substrato arenoso na sondagem BC2 (0,05 m) impediu a sua caracterização através desta sondagem, pelo que se recorreu à análise de 20 amostras das restantes sondagens, principalmente da BC3 (50 % da amostragem) que atravessou 2,53 m do substrato arenoso (**Tabela VI.2-14, Figura VI.2-42**).

A observação macroscópica dos sedimentos (quinze sondagens - **Anexo A.IV.2, Anexo A.V.3 - Fotos A.V.3-23/24/25**) e os resultados das análises sedimentológicas (sete sondagens - **Figura VI.2-43, Anexo II.5**) permitem a definição de dois eventos sedimentares distintos: unidade basal arenosa (Unidade I - correspondente ao CDA) e o enchimento orgânico da depressão interdunar (Unidade II). Tal como já referido para os dois interdunares anteriores, ocorre um enriquecimento em matéria orgânica na passagem da unidade I para a II (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-25**), pelo que o teor desta foi o factor considerado na subdivisão da Unidade I em duas subunidades (Ia - base e Ib - topo) na Unidade I. A descrição das Unidades e a interpretação posterior baseiam-se nos resultados sedimentológicos (**Anexo A.II.5**) dos referidos níveis analisados (principalmente da sondagem BC2 e BC3) mas igualmente na descrição macroscópica de campo e de laboratório (**Anexo A.IV.4**) das restantes sondagens.

A **Unidade I** (*espessura máxima atravessada = 2,53 m - BC3; espessura mínima atravessada = 0,04 m - BC9*) corresponde às areias do CDA, pelo que a sua espessura real ultrapassa os valores observados. Para o topo ocorre um enriquecimento em matéria orgânica, mais evidente nas sondagens BC1 (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-25**), BC3, BC5, BC12 e BC14, sendo este factor utilizado para diferenciar na Unidade I a Sub-unidade Ib, que se sobrepõe à Sub-Unidade Ia, empobrecida em matéria orgânica:



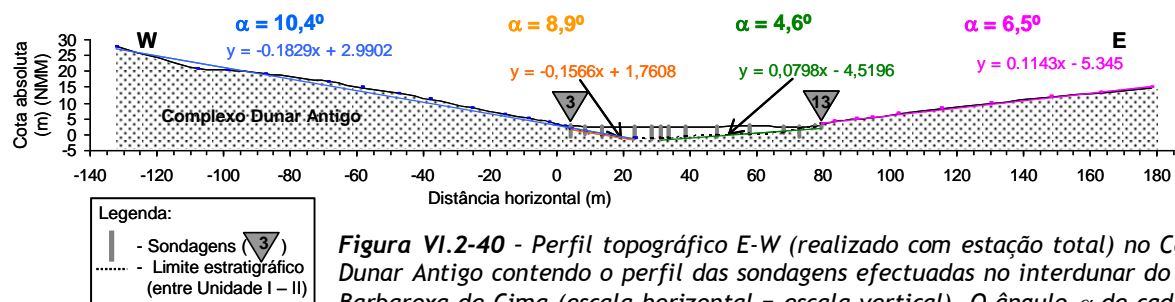
**Figura VI.2-39** - Perfil de sondagens W-E efectuado no Poço do Barbaroxa de Cima.

A - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BC2 a BC5, localização da sondagem de prospecção BC1 (em imagem do Google Earth);

B - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens BC2 a BC15, localização da sondagem de prospecção BC1 (em foto oblíqua);

C - perfil topográfico do alinhamento

de sondagens (transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar); nele se incluem as sondagens com a respectiva altimetria relativamente ao NMM, a espessura máxima da unidade II (orgânica) e a cota (m - NMM) do limite entre as unidades I e II (escala vertical sobrelevada 5x).



**Figura VI.2-40** - Perfil topográfico E-W (realizado com estação total) no Complexo Dunar Antigo contendo o perfil das sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima (escala horizontal = escala vertical). O ângulo  $\alpha$  de cada secção foi calculado tendo em conta que  $\text{tg } \alpha = \text{declive}$ .

**Tabela VI.2-14** - Profundidade máxima atingida em cada uma das sondagens efectuadas no Poço do Barbaroxa de Cima, espessura atravessada de cada unidade e número de amostras analisadas.

		W	Perfil de sondagens												E	Sondagens de Prospecção	
			BC														
			3	5	4	6	15	8	9	7	2	10	11	12			14
Nº amostras analisadas	Unid. I	Unid. II	Espessura atravessada (m)		Profundidad e máxima atingida (m)	Cota da boca da sondagem (m)											
			Unid. I	Unid. II													
10		2	2,53	1,07	3,60	2,50											
1		-	0,75	1,75	2,50	2,20											
-		-	0,05	2,95	3,00	2,19											
-		4	0,05	3,85	3,90	2,20											
2		-	0,25	3,85	4,10	2,17											
-		-	0,05	3,85	3,90	2,15											
-		-	0,04	3,63	3,67	2,18											
-		-	0,05	3,50	3,55	2,18											
-		27	0,05	3,14	3,19	2,24											
-		-	0,05	2,69	2,69	2,37											
-		-	0,05	1,95	2,00	2,23											
4		-	2,29	1,11	3,40	2,28											
-		-	0,1	0,79	0,89	2,53											
3		-	1,2	0,00	1,20	2,95											
-		-	2,45	1,83	4,28	n.d											

A negrito - valores máximos.

**Sub-Unidade Ia** (espessura máxima atravessada = 2,38 m - BC1; espessura mínima atravessada = não atingida em algumas sondagens - BC14) - é formada essencialmente por areias e raras areias pouco vasosas (% >63  $\mu\text{m}$  >91,4 %), com teor de MO muito baixo (%MO < 0,6 %), ácidas a subácidas (pH 5,12 a 5,89) (Figura VI.2-43, Figura VI.2-44, VI.2-45). São os níveis do topo que, regra geral, revelam os valores de pH mais baixos, em parte consequência de um ligeiro aumento do teor em MO.

A componente superior a 63  $\mu\text{m}$  caracteriza-se por ser formada por areias médias a grosseiras (1,43 a 0,12  $\phi$ ), moderadamente bem a moderadamente calibradas (0,56 a 0,81  $\phi$ ) (Figura VI.2-45), cujas curvas de distribuição são essencialmente simétricas ou com assimetria positiva, e com curtose variada. Do ponto de vista mineralógico, as areias da unidade Ia são quase exclusivamente constituídas por grãos de quartzo, brilhantes e leitosos, rolados a sub-rolados, idênticos aos observados na mesma Unidade dos interdunares anteriores.



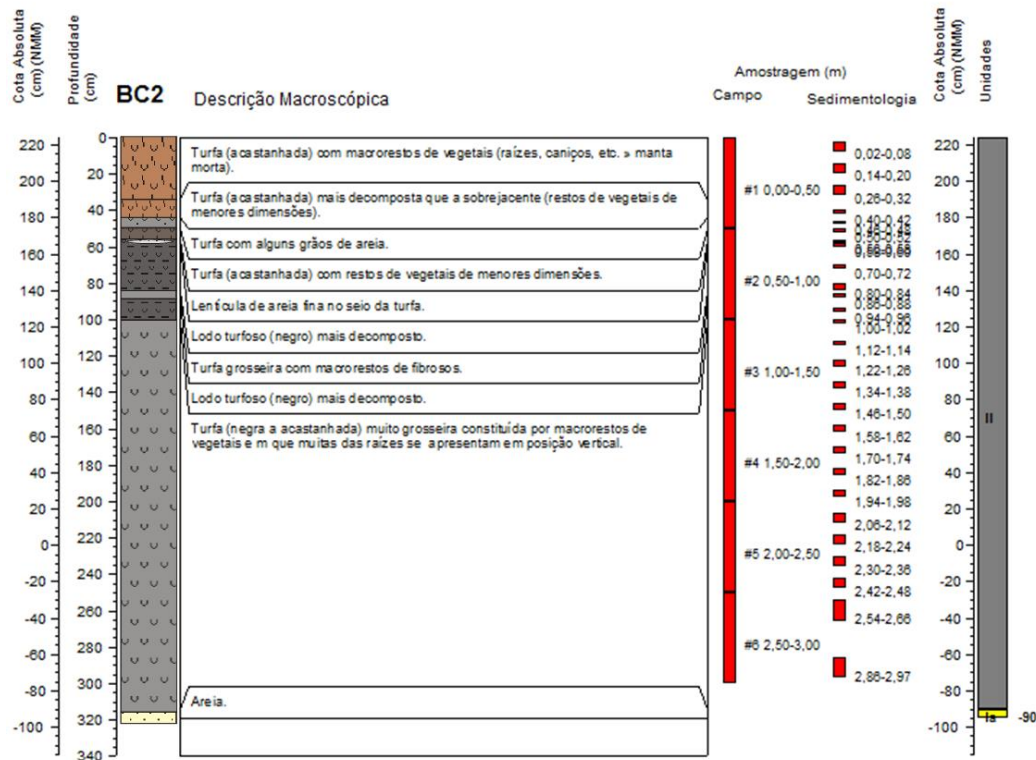


Figura VI.2-41 - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e unidades da sondagem BC2.

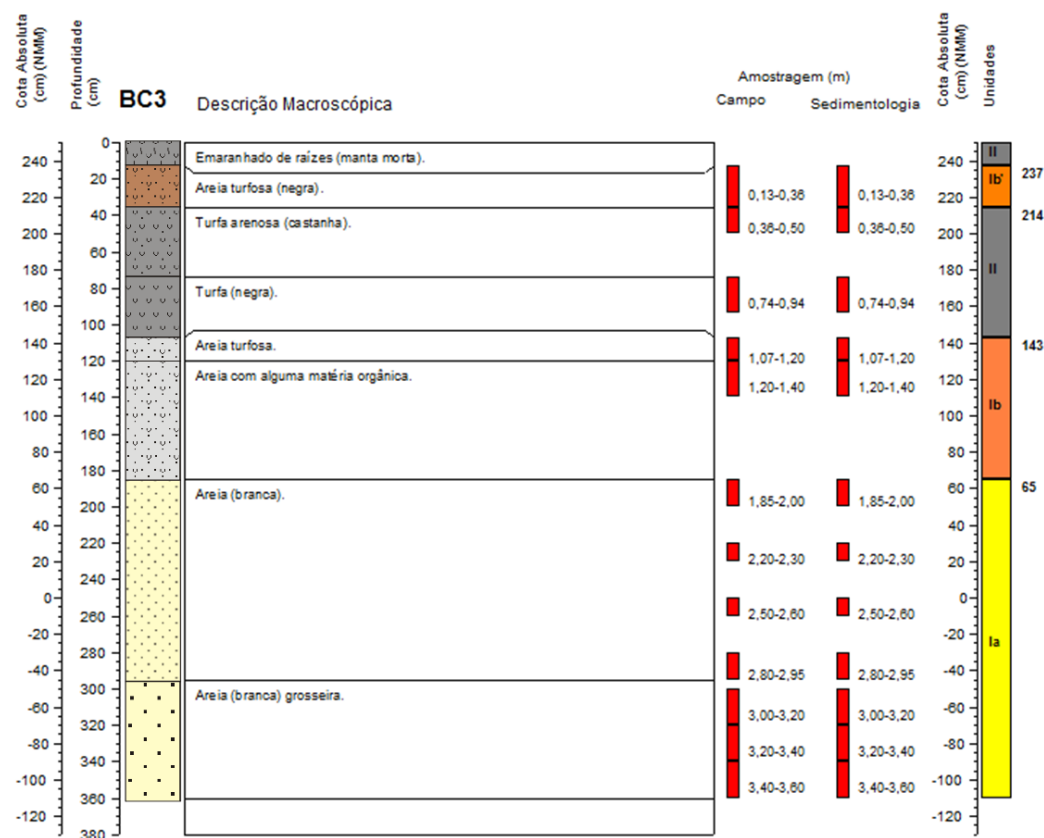


Figura VI.2-42 - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e unidades da sondagem BC3.



**Sub-Unidade Ib** (*espessura máxima atravessada = 1,09m - BC12; espessura mínima atravessada = não detectada em algumas sondagens*) - é constituída, maioritariamente, por areias e raras areias pouco vasosas (% >63 $\mu$ m entre 92,5 e 99,2 %), hiperácidas a subácidas (pH entre 3,89 e 5,57), com teor de MO baixo a elevado (2,0 - 9,9 %), (**Tabela VI.2-15, Figura VI.2-44**), sem componente carbonatada. É perto do contacto com a Unidade II, sobrejacente, que os depósitos revelam um maior enriquecimento em matéria orgânica (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-25**), conduzindo à diminuição acentuada do pH do sedimento. No entanto, em algumas sondagens, esse enriquecimento não é notório, passando-se da Unidade Ia directamente para a II, notando-se apenas um enegrecimento do material detrítico mas sem repercussão significativa no teor de MO, que se mantém <1 %.

Os resultados da análise granulométrica efectuada revelam que a componente superior a 63  $\mu$ m é composta, principalmente, por areias grosseiras (0,12 a 1,00  $\phi$ ), moderadamente bem calibradas (0,56 a 0,7 3 $\phi$ ) (**Figura VI.2-45**), na maior parte com curvas de distribuição simétricas e mesocúrticas. Os casos de assimetria positiva ou negativa resultam da concentração da componente orgânica nas classes mais grosseiras (raízes e caules) ou, pelo contrário, nas classes mais finas (pó negro muito fino). Do ponto de vista mineralógico estas areias não se distinguem das subjacentes.

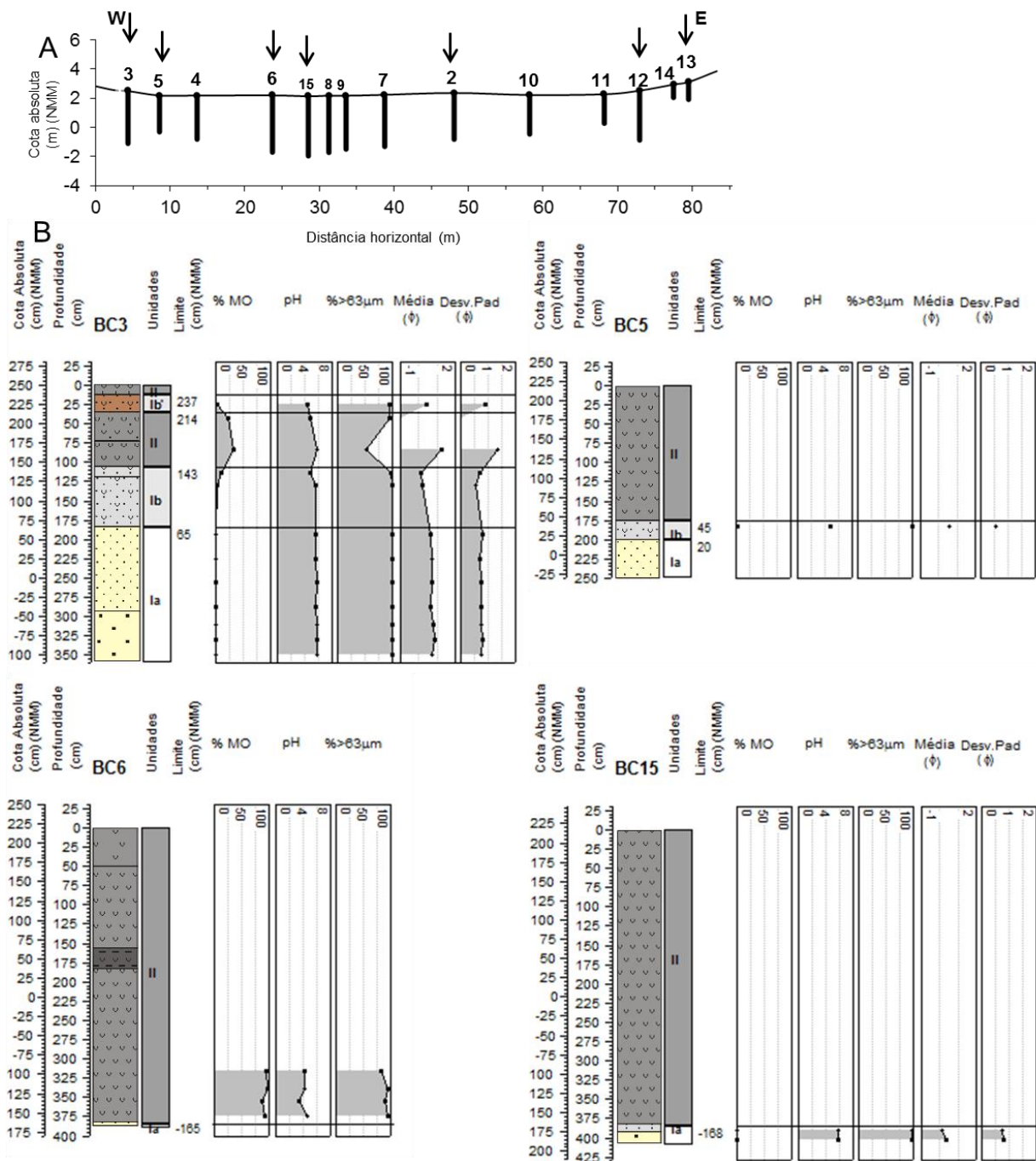
Comparando os sedimentos da Unidade I com os do CDA verifica-se uma certa semelhança em termos texturais e composicionais. Os materiais do CDA são compostos por areias (% >63  $\mu$ m >96,4 %), subácidas a neutras (pH entre 5,63 e 6,68), com teor de MO muito baixo a baixo (%MO <1,1 %) (**Figura VI.2-44, VI.2-45**), sem evidências de carbonatos biogénicos. Mais uma vez, os sedimentos da Subunidade Ib destacam-se destes por apresentarem maior teor em MO, como consequência da proximidade à Unidade II, orgânica, tendo sido já as causas explanadas anteriormente.

Os resultados obtidos, não diferem dos já referidos nos dois interdunares anteriores: aponta-se uma origem eólica para a formação destes depósitos. Posteriormente à sua deposição regista-se, nessa paleosuperfície interdunar, a instalação de um ambiente de turfeira que conduz ao incremento do teor de MO, que por sua vez induz a diminuição do pH das areias eólicas superficiais.

**Tabela VI.2-15** - Características sedimentológicas típicas das unidades/sub-unidades do preenchimento do interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima.

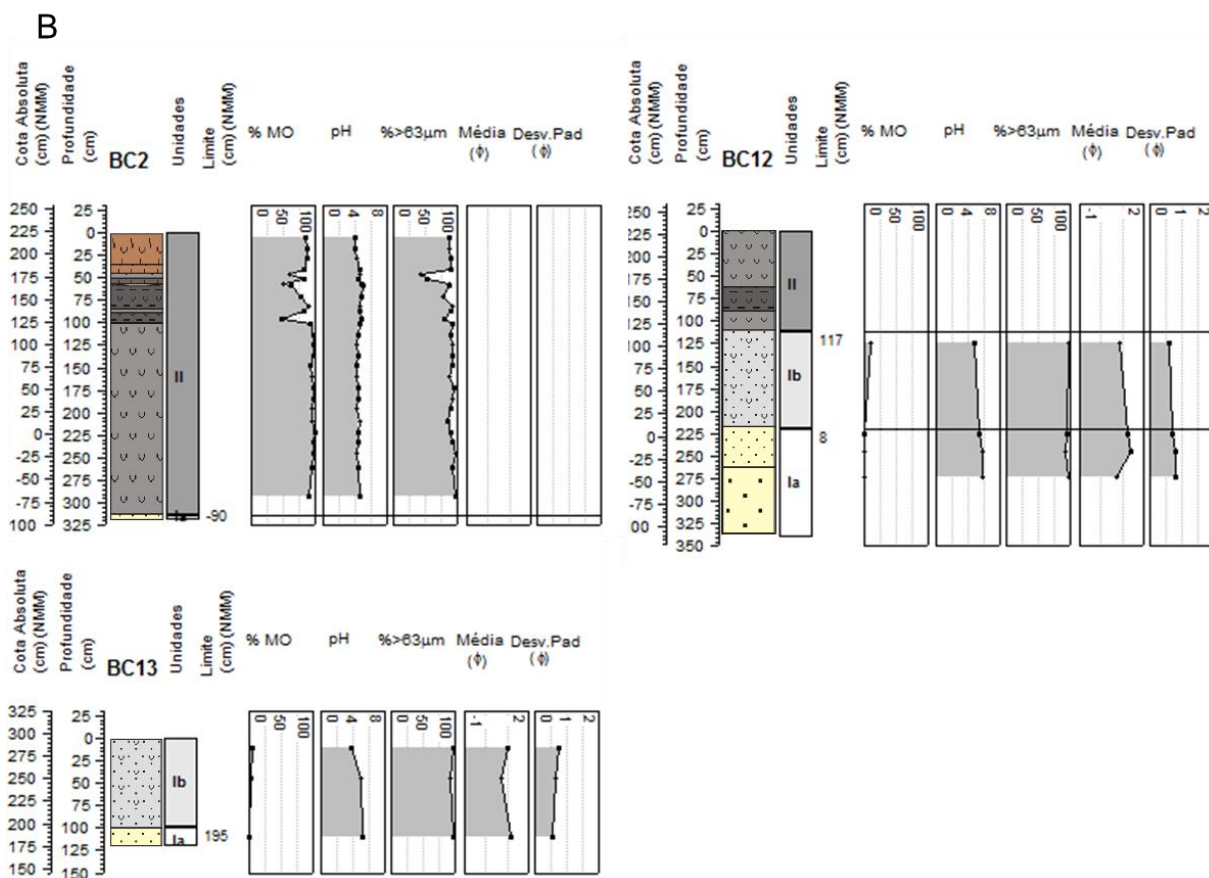
Unidade	%>63 $\mu$ m	pH	% O.M.	Média Mz ( $\phi$ )	Desvio Padrão $\sigma_1$ ( $\phi$ )	Assimetria	Curtose
II	42 - 99	3,4 - 5,9	23,7 - 98,8	*	*	*	*
Ib	93 - 99	3,9 - 5,6	2,0 - 9,9	0,12 - 1,00	0,56 - 0,73	-0,12 a 0,12	0,97 a 1,44
Ia	91 - 100	5,1 - 5,9	0,0 - 0,6	0,12 - 1,43	0,56 - 0,81	-0,06 a 0,24	0,86 a 1,22

\* não se aplica

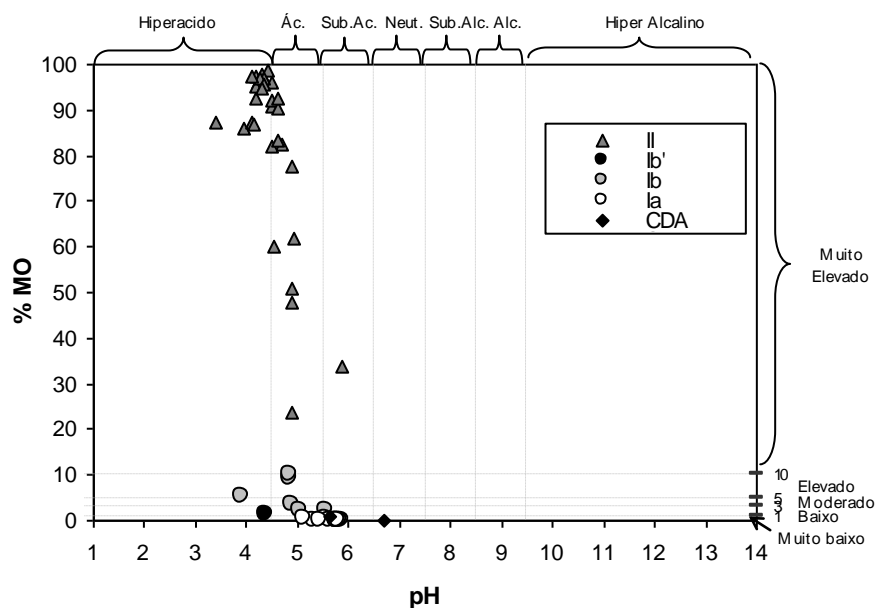


**Figura VI.2-43** - A - Sinalização (setas verticais) e posicionamento das sondagens nas quais foram realizadas as análises sedimentológicas; B - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em sete das quinze sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima. Apresentam-se os resultados das sondagens de acordo com a posição no perfil, de W para E.

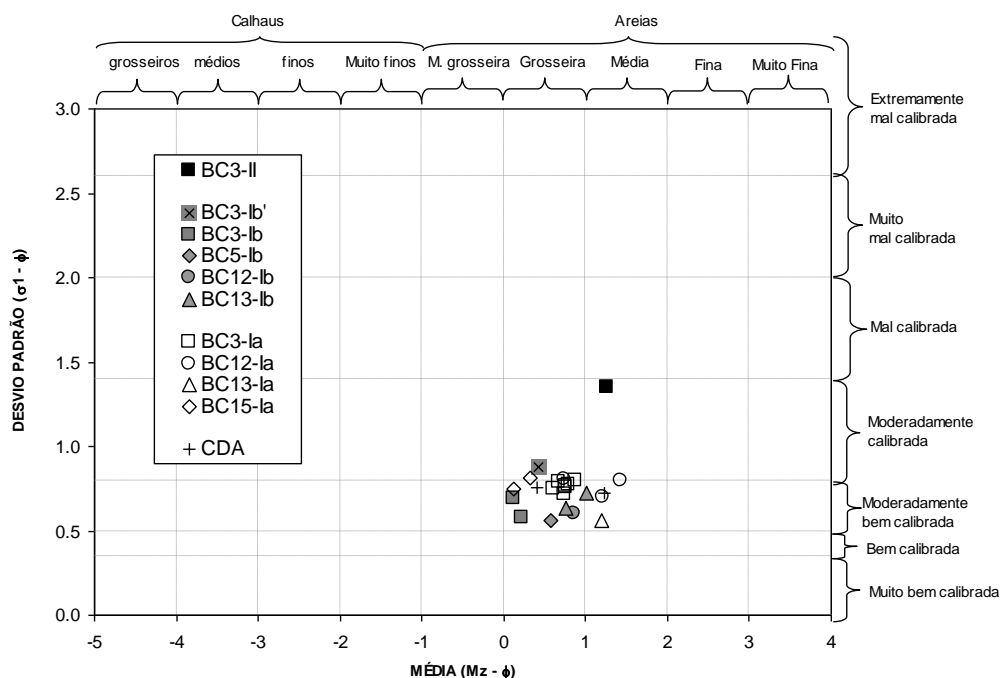
**Unidade II** (espessura máxima atravessada = 3,85 m - BC6, BC8 e BC15; espessura mínima atravessada = não ocorre na sondagem BC13) - a maior espessura desta unidade observa-se mais próxima do bordo W da depressão excedendo a do interdunar do Poço do Barbaroxa do Meio (1,89 m - BM10) mas não ultrapassando a registada no interdunar mais a norte (Barbaroxa de Baixo - 4,22 m - BB8). Unidade constituída essencialmente por turfa, por vezes, alternando com lodo turfoso.



**Figura VI.2-43 (continuação) - B** - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em sete das quinze sondagens efectuadas no interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima. Apresentam-se os resultados das sondagens de acordo com a posição no perfil, de W para E.



**Figura VI.2-44** - Variação do teor de matéria orgânica versus pH nos sedimentos das unidades I e II e comparação com os valores encontrados nas areias do CDA no flanco W adjacente ao interdunar.



**Figura VI.2-45** - Parâmetros obtidos pelo método gráfico, da componente grosseira dos sedimentos das Unidades I (Ia, Ib) e II e do CDA.

De um modo geral, as características texturais e composicionais revelam sedimentos com componente grosseira importante (% >63  $\mu\text{m}$  - 42,3 a 98,7 % - **Figura VI.2-43** com teor de MO muito elevado (27,7 a 98,8 %), hiperácidos a subácidos (pH entre 3,39 e 5,86) (**Figura VI.2-44**). A observação macroscópica minuciosa da sequência sedimentar da sondagem eleita como representativa do enchimento orgânico (BC2) (**Anexo A.V.3 - Foto A.V.3-23**) e os resultados do estudo sedimentológico (**Anexo A.II.5**), revelam que os níveis de turfa apresentam macrorestos orgânicos vegetais extremamente grosseiros, principalmente na base das sequências sedimentares, correspondendo à instalação das comunidades pioneiras num ambiente com o nível freático próximo ou abaixo da superfície topográfica (ambiente de turfeira - zona terrestre).

Estas características permaneceram praticamente inalteradas até 1 m abaixo da superfície topográfica actual (em BC2), sugerindo uma estabilização das condições ambientais durante a deposição dos 2m mais profundos de turfa, momento a partir do qual ocorre uma modificação ambiental que se reflecte nas características sedimentares, observadas em BC1, BC2, BC3, BC4, BC7, BC12 e BC14, correspondendo a um depósito de materiais mais finos (limo turfoso) mas igualmente ricos em MO. No entanto, mais a W (BC6) já anteriormente se tinha detectado essa modificação (entre 1,57 - 1,84 m de profundidade). Este tipo de sedimentação sugere a ocorrência de condições ambientais de turfeira típicas de zona límnic (lodo orgânico - nível de água acima do solo) e a sua ausência na base das restantes sondagens indicia uma inundação parcial da turfeira, que tenha sido restrita espacial e temporalmente, às proximidades da sondagem BC6.

No entanto, outra ocorrência mais próxima da superfície, presente em várias sondagens (BC1 - 0,53 a 0,90 m; BC2 - 0,58 a 1,00 m; BC3 - 0,74 a 0,94 m; BC4 - 0,54 a 0,74 m; BC7 - 0,57 a 0,91 m; BC12 - 0,63 a 0,90 m; BC14 - 0,52 a 0,79 m) de maior espessura (máximo - 42 cm) sugere uma modificação ambiental

mais abrangente e persistente da turfeira (evento de inundação importante), embora com pequenos retrocessos, pois ocorrem níveis turfosos mais grosseiros no seu interior. Os níveis lodosos revelam ligeiro empobrecimento em partículas grosseiras (raras raízes e caules).

É igualmente a partir desse período que se assiste à adição de grãos de areia, encontrando-se dispersos no seio do sedimento (nos 100 cm superficiais de BC2). São os níveis mais lodosos ou com presença de material minerogénico que revelam, em toda a sequência da Unidade II, a menor percentagem de partículas grosseiras e de MO e os maiores valores de pH (**Figura VI.2-44**).

Para o topo (0,5 m superficial) desaparecem os lodos turfosos e assiste-se novamente à deposição de turfas (retorno às condições ambientais de turfeira com ambiente terrestre), persistindo a presença de grãos de areia no sedimento. As areias presentes nos sedimentos lodosos/turfosos são maioritariamente finas mesmo quando presentes em pequenas lenticulas (amostra 0,56-0,58 de BC2). No bordo W da depressão (BC3) a componente arenosa exhibe dimensões superiores (médias a grosseiras) provavelmente como consequência de uma maior proximidade à área fonte (duna W adjacente ao interdunar). Do ponto de vista mineralógico, estas areias são idênticas às do CDA. É importante referir que a presença desta areia dispersa é equivalente ao evento 2 (“turfa com grãos de areia dispersos”) detectado nos interdunares anteriores, sem, no entanto, se ter detectado, aqui, o evento 1 (“evento vasoso minerogénico”).

Outra diferença na sedimentação deste interdunar é a interrupção abrupta da deposição de turfas nas extremidades E e W da depressão (sondagens BC3 e BC14) onde a sedimentação turfosa é interrompida pela acumulação, 23 cm e 33 cm, respectivamente, de sedimentos arenosos grosseiros, moderadamente calibrados, pouco orgânicos (%MO = 1,3) e hiperácidos (pH = 4,37) (sub-unidade Ib’ - pela semelhança com a Ib). Posteriormente, sobrepõem-se a estes depósitos novamente turfas, que se acumulam até à actualidade. Este “acarreo lateral” de material arenoso pode resultar de pequenos movimentos nos flancos dunares (escorregamentos).

O material minerogénico disperso no interior dos lodos/turfas ou presente próximo da superfície nas sondagens marginais é idêntico do ponto de vista mineralógico ao do CDA, distinguindo-se apenas no primeiro caso por ser dimensionalmente mais fino.

### VI.2.3.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação

Para a realização do enquadramento geocronológico da evolução paleoambiental do interdunar do Barbaroxa de Baixo reuniu-se informação apresentada por QUEIROZ (1999) no estudo paleoecológico (pólen) de uma sondagem - BC(Q) - com 4,30 m de profundidade, efectuada a Norte do perfil de sondagens aqui apresentado (**Figura VI.2-46**). Essa sondagem, embora não se encontre posicionada no local de maior espessura do enchimento orgânico (atravessou 3,60m, espessura inferior a 3,85 m registada nas sondagens BC6, BC8 e BC15 do presente estudo), nem se encontre referenciada em termos altimétricos absolutos, relativamente ao NMM, fornece informação pertinente para comparação com o presente estudo. No entanto, face à proximidade desta sondagem com as sondagens BC6 (+2,20 m), BC7 (+2,18 m), BC8 (+2,15 m) e BC9 (+2,18 m), cujas cotas da superfície se posicionam entre +2,20m e +2,15m (valores entre parêntesis), pode considerar-se a média destes valores de 2,176 m (NMM) como uma aproximação para a cota da superfície de BC(Q)

No referido estudo são apresentadas seis datações por radiocarbono (**Tabela VI.2-16**),

As idades radiocarbono convencionais foram usadas para a construção de um MODELO DE IDADES utilizando o Programa CLAM versão 2.1 (BLAAUW, 2010) para o software R (R Development Core Team, 2010), do mesmo modo que já explicado no capítulo da macroescala da Lagoa de Melides. Os dados usados constam na **Tabela VI.2-16** e obtiveram-se as idades em cal BP, que permitiram a determinação das taxas de sedimentação. O Modelo gerou idades interpoladas para cada centímetro com um nível de confiança de 95 %, com base no “melhor” (“best”) ajuste do modelo idade-profundidade. Todas as idades estavam em ordem cronológica não se tendo verificado inversões, pelo que todas as datações foram usadas.

O MODELO DE IDADES apresenta-se na **Figura VI.2-47**, com uma configuração semelhante ao que já se observou e descreveu para o interdunar Barbaroxa de Baixo, com extremidades de declives acentuados, principalmente no início, separadas por um patamar sub-horizontal. No segmento inferior, mais antigo, as taxas variam entre 0,8 e 0,9 mm/ano (em BB entre 0,8 e 1,1 mm/ano), decrescendo no topo para 0,18 a 0,28 mm/ano (em BB entre 0,23 e 0,5 mm/ano). No entanto, neste interdunar os últimos 25 cm de sedimentação mais recente revelam um aumento dos valores da taxa de sedimentação para 1,13 mm/ano. Na zona central do perfil, onde a recta denota maior horizontalidade (indicativo de uma diminuição da taxa de sedimentação), os valores da taxa de sedimentação reduzem-se para valores muito baixos de 0,098 mm/ano, na mesma ordem de grandeza dos registados em BB (0,062 mm/ano). Isto significa que, neste interdunar, em cerca de 1500 anos cal BP apenas se depositaram 15 cm de sedimento (significará grandes períodos de não sedimentação(?), tal como em BB?). No estudo de QUEIROZ (1999) as determinações das idades de radiocarbono não estão acompanhadas por resultados de  $\delta^{13}\text{C}$ , pelo que não se pode fazer considerações para uma maior ou menor influência do sistema marinho *versus* continental neste interdunar. No entanto, dos três Poços do Barbaroxa é o que se apresenta numa posição mais interior, mais resguardada face à influência marinha, pelo que seria espectável que aqui as assinaturas fossem marcadamente ainda mais continentais.

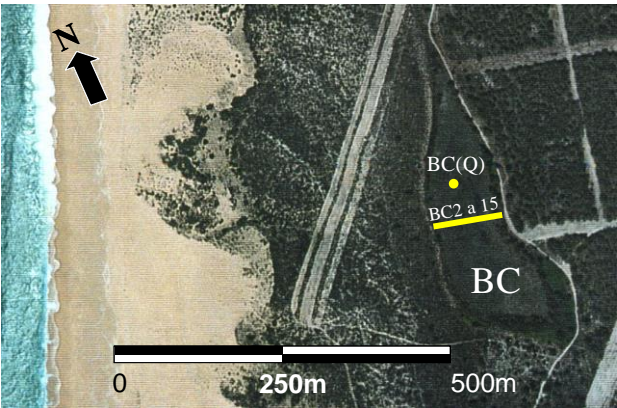


Figura VI.2-46 - Localização do local da sondagem do estudo de QUEIROZ (1999) posicionada a Norte do perfil de sondagens do presente estudo.

Tabela VI.2-16 - Idades radiocarbono dos níveis seleccionados na sondagem BC(Q) - BC do estudo de QUEIROZ (1999) do Poço do Barbaroxa de Cima.

Código de laboratório	Profundidade (m)	Cota (m) (NMM)	Tipo de material	Método	Idade Convencional (anos BP $\pm \sigma$ )	Idade Calibrada (anos cal BP) *	Idade Calibrada (anos cal BP) **	$\delta^{13}C$
ICEN - 435	0,25-0,30	n.r.	n.r.	Clássico	210 $\pm$ 80	-3 a 451	211	n.r.
ICEN - 436	0,40-0,44	n.r.	n.r.	Clássico	1070 $\pm$ 100	773 a 1255	1004	n.r.
ICEN - 437	1,05-1,10	n.r.	n.r.	Clássico	3150 $\pm$ 50	3256 a 3470	3375	n.r.
ICEN - 438	1,20-1,25	n.r.	n.r.	Clássico	4320 $\pm$ 50	4826 a 5039	4910	n.r.
ICEN - 439	2,35-2,42	n.r.	n.r.	Clássico	5430 $\pm$ 100	5950 a 6406	6199	n.r.
ICEN - 440	3,55-3,60	n.r.	n.r.	Clássico	6910 $\pm$ 60	7622 a 7921	7753	n.r.

\* mínimo e máximo dos intervalos de probabilidade 2 $\sigma$ , determinados a partir da Idade de Radiocarbono Convencional com o Programa CALIB 5.1; \*\*calculadas no programa CLAM; n.r. - não referido.

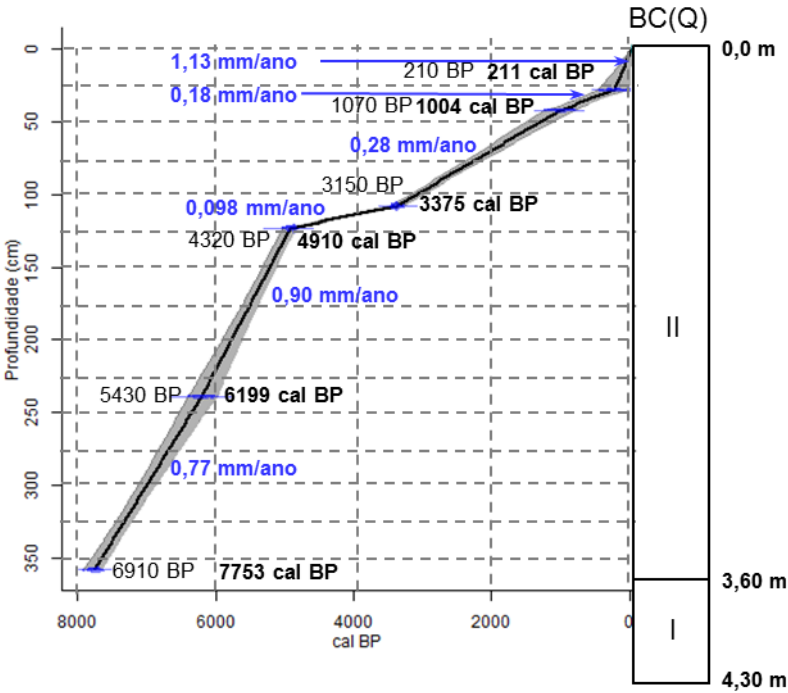


Figura VI.1-47 - Modelos de Idade obtidos com o Programa CLAM 2.1 (Blaauw, 2010), para a sondagem BC(Q). Configurações do CLAM: interpolação linear, 1000 iterações com 95% de grau de confiança com resolução de 1 ano; CLAM estatísticas: 0 - 358 cm; ajuste da curva = 6,12.



### VI.2.3.2.3 Interpretação dos resultados

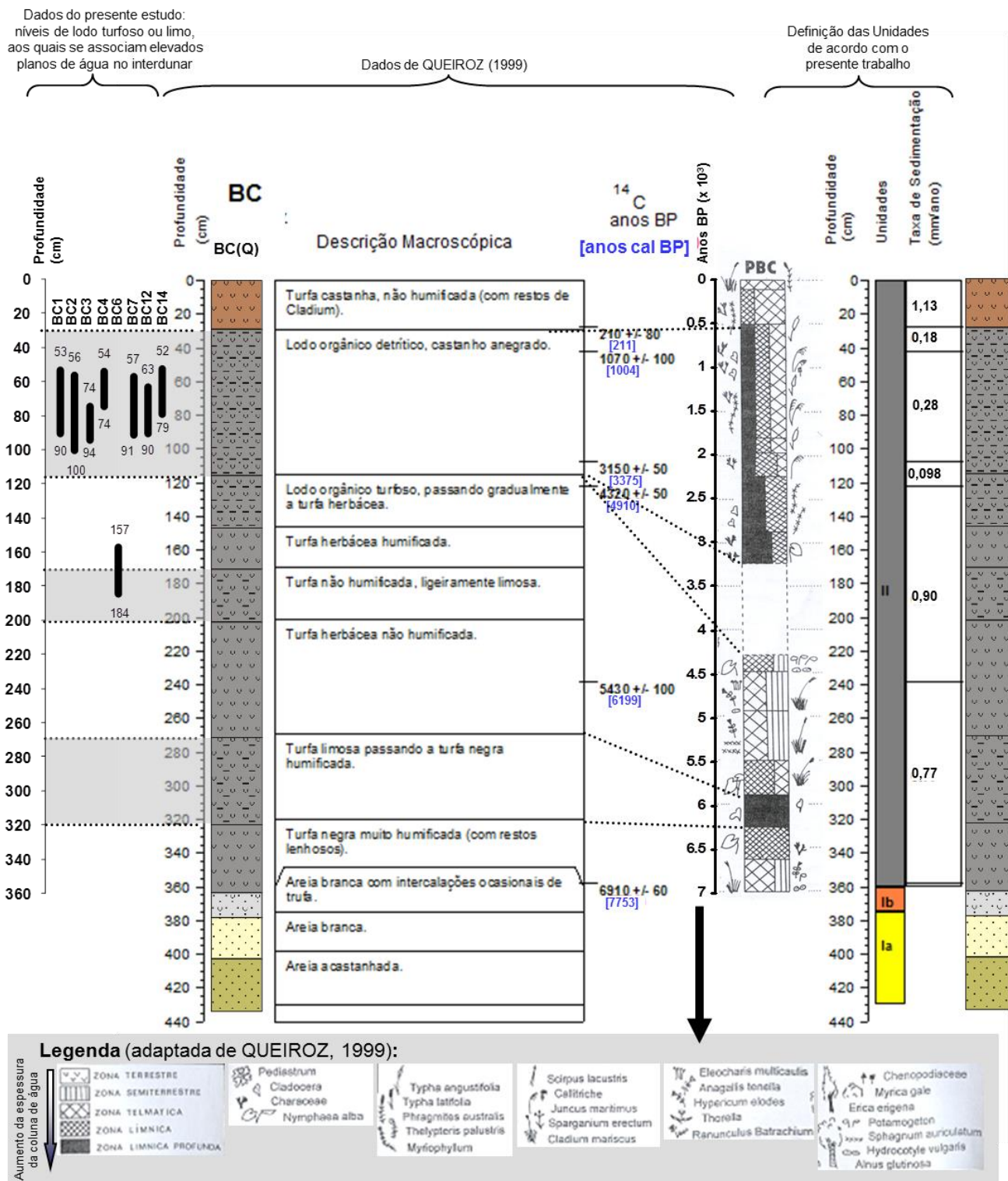
Para a interpretação da evolução deste interdunar reúne-se à informação obtida, a apresentada por QUEIROZ (1999) no estudo paleoecológico (pólens) de uma sondagem - BC(Q) - com 4,30 m de profundidade, efectuada a Norte do perfil de sondagens aqui apresentado (**Figura VI.2-46**). Essa sondagem, fornece informação pertinente para comparação com o presente estudo. Pela descrição dos depósitos (**Figura VI.2-48**), a sondagem atravessa, da base para o topo: 0,55 m de areias, 0,15 m de sedimentos arenosos com intercalações de turfa e 3,60 m de depósitos orgânicos (alternância de turfas com lodos turfosos), troços que se podem fazer corresponder às subunidades Ia e Ib e à unidade II, respectivamente, definidas durante o presente estudo.

As datações de radiocarbono realizadas (**Tabela VI.2-16**), permitiram à autora enquadrar cronologicamente os eventos paleoecológicos propostos (**Figura VI.2-49**) e permitiram à autora da presente dissertação construir o Modelo de Idades (**Figura VI.2-47**) e obter as taxas de sedimentação entre cada para de datações (**Figura VI.2-47**), obtendo-se valores entre 0,1 e 1,1 mm/ano.

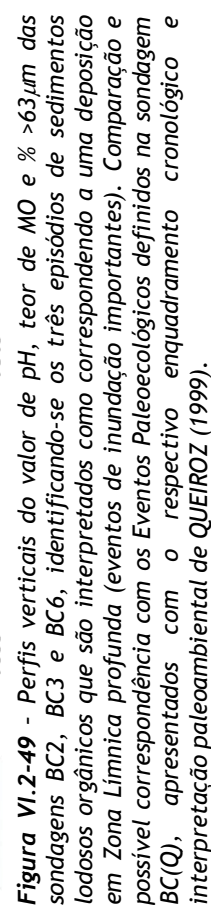
Durante provavelmente muito tempo e até há cerca de 8000 anos ( $6910 \pm 60$  anos BP = 7753 anos cal BP) esta depressão constituiria um interdunar seco (“dry dune slack”) no vasto CDA (**Unidade Ia**), altura em que o nível freático deve ter atingido ou ultrapassado (pouco) a paleotopografia da depressão, (-1,71 m - NMM - contacto entre unidade I e II na sondagem BC8), transformando-se num interdunar húmido (“wet dune slack”), que favoreceu a acumulação de turfas (Unidade II). Assiste-se progressivamente ao aumento do regime de paludificação com um máximo de inundação detectado em BC(Q) entre 6255-5852 anos BP (7146-6710 anos cal BP - Zona Polínica 3 - ZP3) (**Figura VI.2-49**), formando-se “uma grande lagoa de água livre”. Este evento no local da sondagem BC2 não é muito evidente, pelo que se interroga a interpretação de “grande lagoa de água livre” proposta por QUEIROZ (1999), preferindo-se reforçar a ideia já anteriormente proposta para os dois interdunares anteriores:

- a inundação destas depressões com formação de um espelho de água livre (“charca”) deve ser um fenómeno localizado às zonas mais baixas contemporâneas do evento, em detrimento de uma extensa inundação que afectasse a totalidade da depressão (**Figura VI.2-50**);

- a deposição síncrona de lodos orgânicos/lodos turfosos nos pontos mais baixos da depressão (inundados - ambiente límnico e telmático) e de turfas lodosas/turfas nos locais a cotas ligeiramente mais elevadas formando os ambientes semiterrestres e terrestres que bordejariam os locais inundados. Corresponde a uma deposição síncrona a diferentes cotas, tal como se observa nos nossos dias no Poço do Barabaroxa de Baixo, onde no fundo da actual “charca” se depositam lodos turfosos e cerca de 1 m acima na periferia se depositam turfas grosseiras em ambiente de maior terrestreização. Esta observação actual aponta para uma sedimentação não horizontal no preenchimento destas depressões interdunares, pelo que a extrapolação de idades radiocarbono da sondagem datada para outras sondagens do preenchimento pode acarretar erros importantes.



**Figura VI.2-48** - Segmentos das sondagens BC1, BC2, BC3, BC4, BC6, BC7, BC12 e BC14 com sedimentos texturalmente mais finos (lodos turfosos) que podem corresponder a uma deposição em regime de maior profundidade da coluna de água (eventos de inundação assinalados a cinzento). Descrição dos sedimentos da sondagem do estudo paleoecológico de QUEIROZ (1999) no Poço do Barbaroxa de Cima, com a respectiva interpretação paleoambiental proposta pela autora. Definição das Unidades na referida sondagem de acordo com os critérios definidos no presente estudo e apresentação das taxas de sedimentação de acordo com as datações de QUEIROZ (1999).



Até 4248 anos BP (4762 anos cal BP) a evolução prossegue no sentido da terrestrialização, com pequenos períodos de reinundação local, tal como se pode depreender no local da sondagem BC2 com a amostra BC2-2,06-2,12 (ZP5/6) e mais tarde no local da BC(Q) assinalado pela ZP7 (este evento não é detectado em BC2) Este último evento datado de 4462 - 4248 anos BP (ZP7) indica a ocorrência de condições propícias a uma reinundação da turfeira com deposição de lodo orgânico/turfoso, condições que não persistiram no tempo, registando-se um hiato sedimentar entre as ZP7 e ZP8, documentado pela discrepância de datas de amostras quase contíguas, tendo sido este evento interpretado por QUEIROZ (1999) como um período de secagem que terá provocado a interrupção da acumulação das turfas. Note-se que a este período corresponde uma taxa de sedimentação de 0,1 mm/ano, a menor de toda a sequência sedimentar (*Figura VI.2-47, VI.2-48, VI.2-49*).

Após 3388 e até 506 anos BP (3633 a 562 cal BP) assiste-se à repaludificação do Poço do Barbaroxa de Cima (ZP8-ZP9, 3º evento de inundação?) mas pela primeira vez com evidência de características salobras (QUEIROZ, 1999). No perfil transversal do enchimento orgânico do presente estudo é notória (entre os 50-100 cm de profundidade) a modificação textural nas sondagens BC1, BC2, BC3, BC4, BC7, BC12 e BC14 (*Figuras VI.2-48, IV.2-49*), acumulando-se lodos orgânicos/turfosos, com teores de MO mais baixos (<71 %) e pH mais elevados (4,89 - 5,86) que as turfas. Esta sedimentação essencialmente lodosa é interrompida por vezes por materiais mais turfosos (*Figura VI.2-49*), o que sugere ligeiros retrocessos a condições de maior secura. Esta sedimentação mais fina corresponde a um evento de inundação (3º evento), que não foi detectado em todas as sondagens do perfil estudado.

É igualmente durante este episódio que se detecta o aparecimento de grãos de areia dispersos, em BC2 e BC4 aos 58 e 74 cm de profundidade, respectivamente, fenómeno já observado nos dois interdunares anteriores. Tendo em conta a taxa de sedimentação de 0,28 mm/ano obtida para este segmento da sondagem (comparação lateral com BC(Q)) pode inferir-se a data entre 1600 e 2200 anos cal BP, para o início desta contribuição arenosa em BC2 e BC4, respectivamente. Estas datas são intermédias às estimadas para o início do mesmo evento em BB (4500 anos cal BP) e em BM (anterior a 850 anos cal BP). Note-se que a presença de grãos de areia dispersos em BM3, a 90 cm de profundidade, embora mais discreto, pode fazer recuar a data do início de 850 para 3900 anos BP, bem mais próximo dos 4500 anos cal BP obtidos em BB.

A aparente proximidade cronológica obtida para o início deste evento, reforça a hipótese já anteriormente sugerida: a movimentação para leste do actual cordão frontal aproximou-o dos limites dos primeiros interdunares (BB e BM) mais cedo, encontrando-se, ainda hoje mais afastado do bordo oeste de BC. Em consequência, desta maior proximidade facilita-se a inserção de material detrítico arenoso no seio das turfeiras, via transporte eólico, na forma de lâminas centimétricas de areia, em BB e BM e areia dispersa em BC.



429

## VI.2.4 LAGOA DA SANCHÁ

### VI.2.4.1 MICRO-ESCALA

#### VI.2.4.1.1 Caracterização físico-química do corpo-aquoso

Dos quatro interdunares estudados a Lagoa da Sancha, embora seja o que apresente o fundo da depressão posicionado topograficamente mais alto (**Figura VI.2-1**) - cota mínima de 3,17m - NMM (ponto mais baixo do perfil de sondagens correspondente à boca da sondagem LS16, ver **VI.2.4.2 Macro-escala**), é o que apresenta o corpo aquoso de maiores dimensões (área e espessura), provavelmente como resultado da combinação de dois factores:

1. Ao contrário dos interdunares dos Poços do Barbaroxa, que são alimentados exclusivamente pela exurgência do nível freático e pela precipitação directa, aqui a essas águas adicionam-se as provenientes de uma rede hidrográfica de 35 km<sup>2</sup>, responsável pelo encaminhamento das águas de drenagem superficial até à depressão interdunar. No entanto, verificou-se que grande parte da precipitação se infiltra rapidamente, em virtude de a bacia hidrográfica se desenvolver sobre materiais permeáveis, conduzindo a um coeficiente de escoamento bastante baixo que resulta num escoamento superficial diminuto (DHVFBO, 2006). Deste modo, a quantidade de água que escoar através da Ribeira da Sancha é reduzida.

2. Durante as épocas de temporal, com ondas de maior altura, pode ocorrer entrada por galgamento oceânico do cordão dunar frontal, através de dois corredores de galgamento existentes, constituindo outra fonte adicional para o hidrossoma deste interdunar, tal como se observou durante o temporal de Janeiro de 2014 (**Anexo A.V.4 - Fotos A.V.11**), inclusive com transporte de areias da praia e da duna para o interior do espaço lagunar (**Anexo A.V.4 - Fotos A.V.12**).

Deste modo, as características físico-químicas do corpo aquoso devem reflectir a mistura destas contribuições, controladas principalmente por factores climáticos: a precipitação promove a diminuição da salinidade/conductividade, enquanto a evaporação (temperatura) e os galgamentos oceânicos actuam no sentido de incrementar os referidos parâmetros. Embora a espessura da coluna de água se revele aqui mais importante, e a área inundada, sem vegetação, tenha cerca de 0,12 km<sup>2</sup>, pressupondo, mesmo com as variações sazonais típicas, uma maior permanência do hidrossoma, existem evidências incontestáveis de que o fundo desta depressão já sofreu episódios importantes e prolongados de exposição. Essas evidências foram observadas durante os trabalhos de campo da campanha B, em Agosto de 2002, em Outubro de 2009 (**Anexo A.V.4 - Fotos A.V.4-8/9**) e em Agosto de 2013 (**Anexo A.V.4 - Fotos A.V.15/16/18**). Nesse Verão de 2002, a espessura do corpo aquoso da Lagoa da Sancha encontrava-se reduzida a cerca de 15 cm, contrastando com os 90cm observados em Junho de 2001 (campanha A), ficando parte dos sedimentos lagunares exposta, principalmente do bordo W. O fundo lagunar, com sedimentos de coloração alaranjada, exibia grandes fendas de dessecação que lhe conferia um padrão de formas poligonais (**Anexo A.V.4 - Fotos A.V.4-3/4/5/6**). A coloração alaranjada resulta da presença de uma fina (cerca de 2-3 mm) crosta de óxidos de Fe, por baixo da qual os sedimentos apresentam o tom negro característico de lodos orgânicos lagunares. Esta crosta ferruginosa, embora fina, era suficientemente endurecida para suportar o peso de uma pessoa impedindo o seu afundamento no lodo (**Anexo A.V.4 - Foto A.V.4-5**). Esta diminuição



acentuada da profundidade da coluna de água não foi observada na época dos estudos de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) (entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989) reforçando CANCELA DA FONSECA (comunicação oral) que o fundo lagunar não revelava a crosta ferruginosa. No entanto, trabalhos mais antigos (ERENA-SEARN-SNPRCN, 1988) referem que a espessura do hidrossoma no Verão é inferior a 0,5 m podendo ocorrer mesmo secagem completa em alguns Verões. O mesmo relatório refere profundidades máximas registadas no Inverno entre 0,5 e 1,5 m. Durante o presente estudo, a profundidade máxima de 0,90 m foi registada em 2001 (21 de Junho) e 2007 (7 de Fevereiro), enquanto a mínima (secagem completa com sedimentos endurecidos) em Outubro de 2013 (**Tabela VI.2.17, Figura VI.2-51**).

As campanhas de medição dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso, realizadas em diferentes épocas do ano (Verão e Inverno) revelaram que, embora existam diferenças na extensão da superfície molhada e na espessura da coluna de água (**Tabela VI.2.17, Figura VI.2-52**) estas variações reflectem-se fracamente nos parâmetros físico-químicos, que mostram apenas pequenas oscilações.

**Tabela VI.2-17** - Profundidade máxima registada durante as campanhas dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso, cota absoluta do plano de água lagunar, precipitação acumulada entre campanhas e salinidade do corpo aquoso.

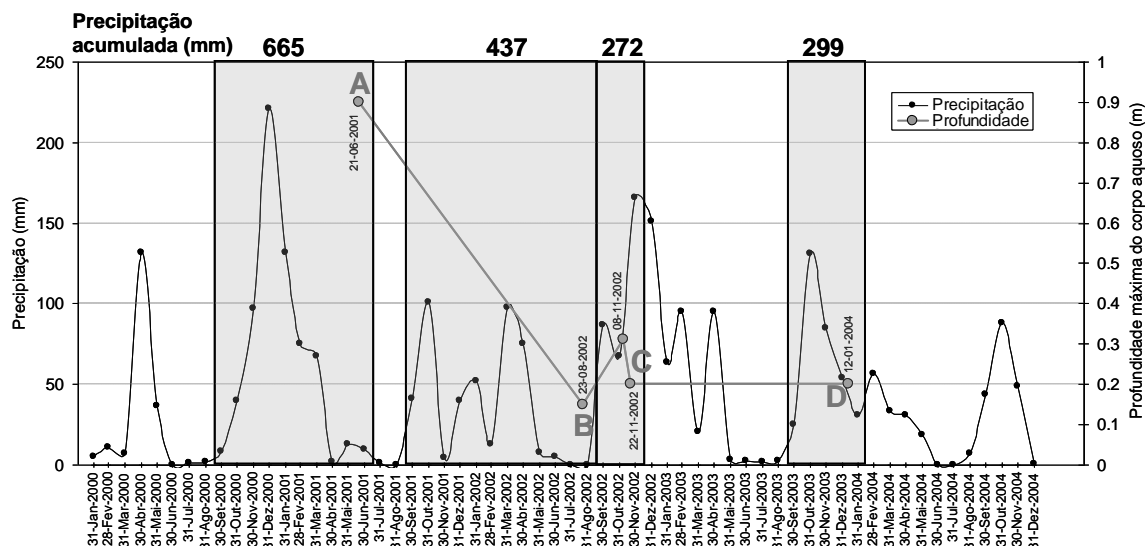
Campanha	Data	Profundidade máxima (m)	Cota absoluta (m) (NMM)	Precipitação entre campanhas		Salinidade máxima (‰)
				Intervalo temporal	Acumulada (mm)	
A	21/6/2001	0,85	4,16	Julho/2000 a Junho/2001	668	0,9 (1,7)
B	22/8/2002	0,15	3,35	Julho/2001 a Agosto/2002	438	3,8 (7,5)
	8/11/2002	0,31	3,49	Setembro/2002 a Novembro/2002	272	-
C	22/11/2002	0,20*	3,45	Setembro/2002 a Novembro/2002	272	4,3 (7,5)
D	12/1/2004	0,20*	3,45	Julho/2003 a Janeiro/2004	303	1,0 (1,3)
	8/2/2007	0,85	-			0,4 (1,3)
	10/2009	0	-			
	6/2/2012	-	-			0,4 (1,7)
	5/12/2012	-	-			0,5 (2,0)
	6/2/2013	-	-			0,0 (0,1)
	27/8/2013	0,05				2,7 (4,9)
	19/3/2014	0,50				- (7,9)

\* Valor estimado visualmente junto à margem, próximo da estação 1, não correspondendo à profundidade máxima.

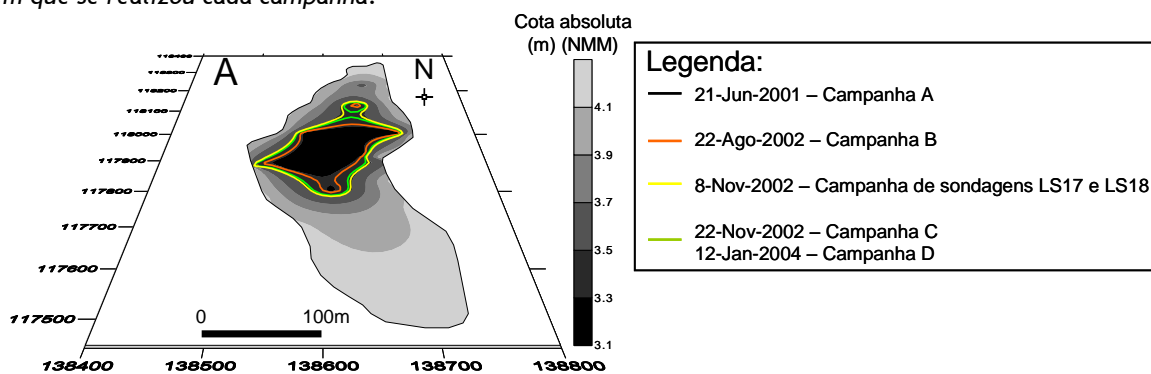
A primeira campanha revelou um corpo aquoso com grande homogeneidade espacial e em profundidade (**Figura VI.2-53, Figura VI.2-54**). Os valores de temperatura registados variaram entre 23,1 e 26,7°C (**Figura VI.2-54**) com uma distribuição à superfície principalmente controlada pela hora em que se efectuou a leitura (**Figura VI.2-55A**), aumentando o valor deste parâmetro como consequência do aquecimento diurno das águas superficiais por absorção directa da radiação solar. Como consequência, as estações 4, 6, 7 e 8, avaliadas após as 13h00m, mostram uma ligeira estratificação térmica, tanto mais acentuada, quanto mais tarde foi efectuada a leitura. Os valores obtidos durante a campanha B, por terem sido lidos também durante a época estival, são muito semelhantes aos anteriores, oscilando entre 21,7 e 25,3°C mas a reduzida profundidade inibe qualquer estratificação. Na década de 80, estudos efectuados neste ambiente (com amostragem mensal entre Janeiro de 1988 e Março de 1989) referem valores para este parâmetro entre 12 e 28°C, verificando-se as temperaturas mais elevadas nos meses de



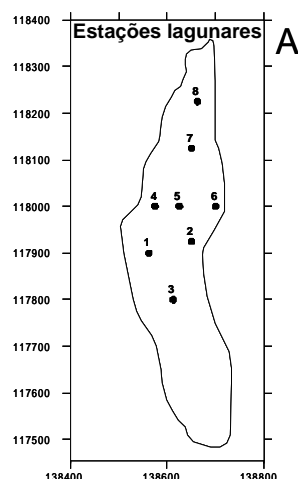
Setembro (28°C), Outubro (26°C), Junho (21°C), Julho-Agosto (20°C), referindo os autores (CANCELA DA FONSECA *et al.*, 1999) que as condições climáticas (temperatura e precipitação) são as principais responsáveis pelas variações da maior parte dos parâmetros analisados.



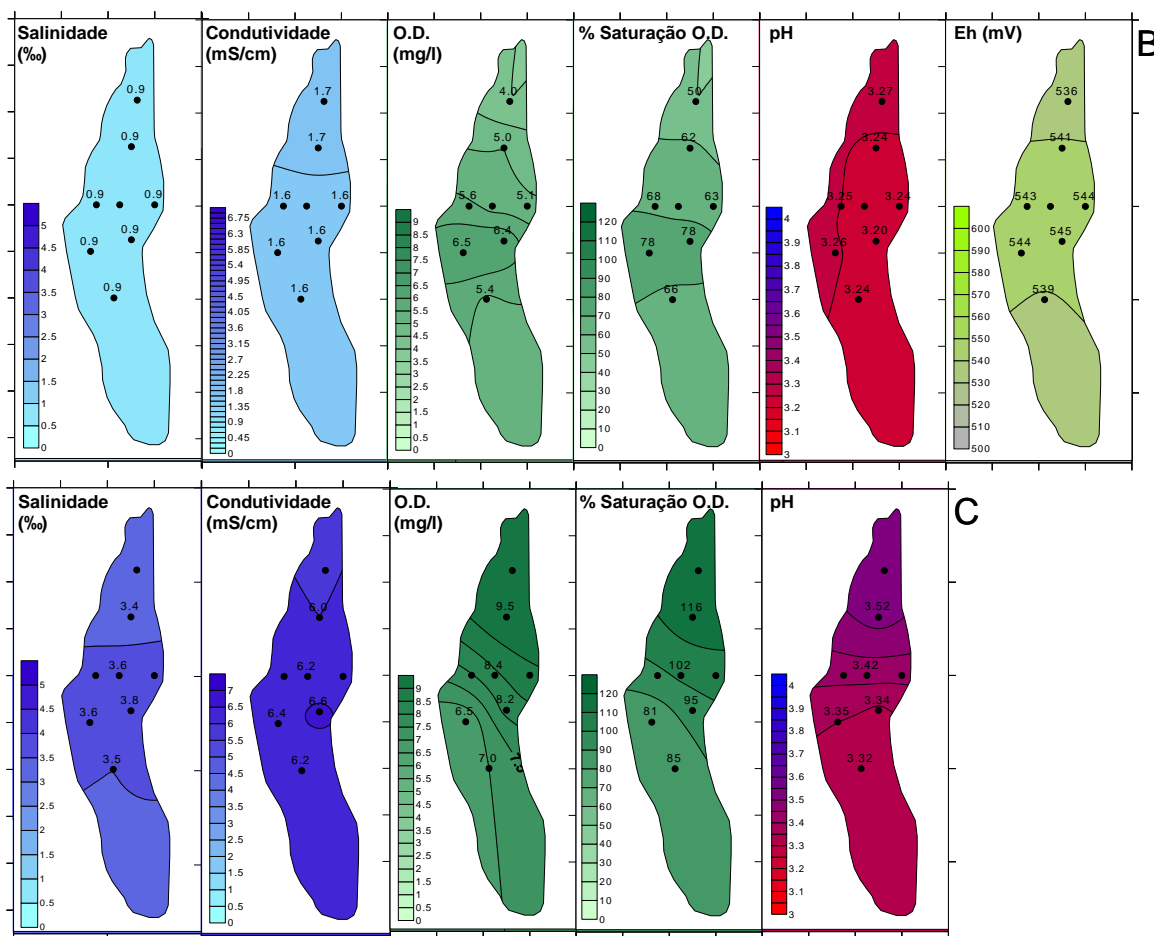
**Figura VI.2-51** - Valores da precipitação mensal registados na Estação Meteorológica de Monte Velho (Santo André) entre Janeiro de 2000 e de 2004. Nas caixas cinzentas identificam-se os períodos utilizados para o cálculo da precipitação acumulada antes de cada campanha referida no topo do gráfico. As letras A, B, C e D assinalam o mês em que se realizou cada campanha.



**Figura VI.2-52** - A - Batimetria da Lagoa da Sancha e perímetro do corpo aquoso estimado (utilizando o software SURFER 8.0) com base nas profundidades observadas em vários pontos, nas campanhas A, B, C e D, de medição dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso; B - Fotografia da Lagoa da Sancha revelando o perímetro inundado registado durante a Campanha B em 22 de Agosto de 2002.

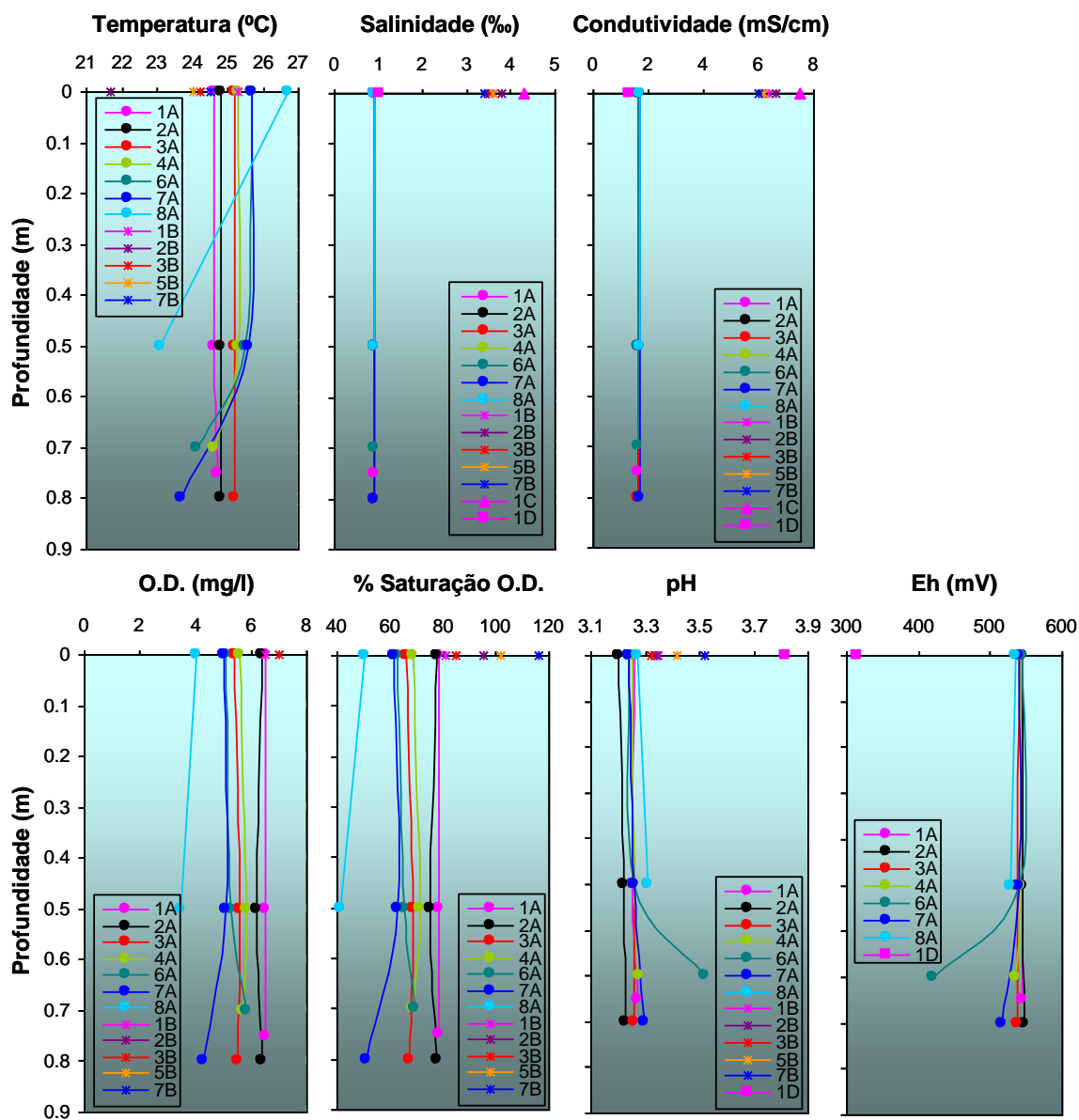


**Figura VI.2-53 - A - Rede de amostragem da Lagoa da Sancha; B e C - Variação espacial dos valores dos parâmetros físico-químicos da água superficial do corpo aquoso da Lagoa da Sancha, nas campanhas A (21 de Junho de 2001) e B (23 de Agosto de 2002), respectivamente.**



A turbidez registada apenas durante a campanha A apresentava valores mais baixos à superfície (8,2 e 25,0 FTU) e na região sul (estações 1, 2 e 3), incrementando em profundidade. No entanto, importa referir que era muito difícil a estabilização dos valores, pelo que em determinados pontos de leitura se preferiu um intervalo de valores em detrimento de um único. Os valores mais elevados junto ao fundo, que em outros ambientes lagunares como Melides e Santo André se atribuem à presença de macrófitas (CRUCES, 2001), não podem aqui ter a mesma justificação, uma vez que o fundo lagunar é completamente desprovido de vegetação. Durante a execução da campanha B (espessura da coluna de água máxima de 15 cm) foi possível observar que perturbações da água, induzidas pelo vento ou pelo operador, eram suficientes para levantar “uma nuvem alaranjada de sedimentos” de aspecto granular, que rapidamente

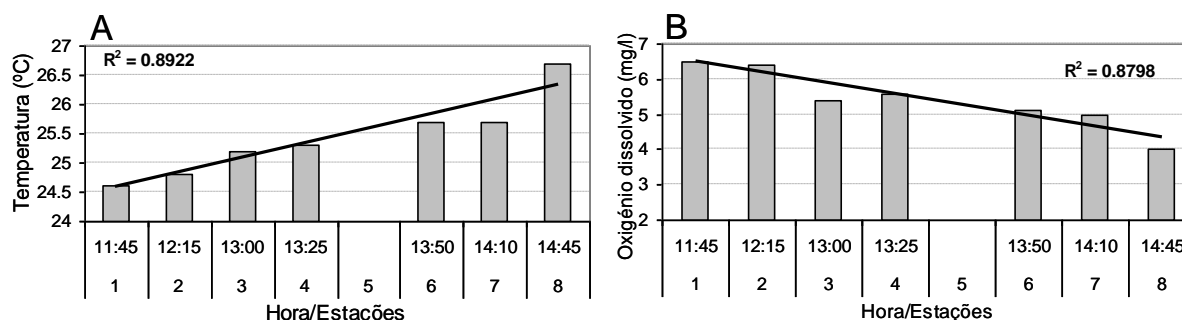
sedimentavam, deixando a água límpida e transparente. Uma vez que a variação deste parâmetro não acompanha a de outro, é pois possível que o incremento da turbidez em profundidade resulte da perturbação que a sonda exerça junto ao fundo, impedindo a estabilização dos valores que se mostram concertadamente mais elevados.



**Figura VI.2-54** - Perfis de variação dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da Lagoa da Sancha nas diferentes estações amostradas durante a campanha A (21 de Junho de 2001).

Análises mensais entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989 (CANCELA DA FONSECA *et al.*, 1999) referem valores de turbidez entre 2,2 e 29N TU, registando os meses de Outubro (29 NTU), Setembro (22 NTU), Agosto (14 NTU) e Novembro (11,5 NTU) os valores mais elevados coincidente com os teores mais elevados de clorofila a no sistema. À data, a elevada turbidez podia ser justificada com o aumento da biomassa no sistema. No entanto, nesse estudo, os autores referem a presença de macrófitas e não referem a presença de um fundo lagunar desprovido de vegetação, coberto por uma crosta alaranjada.

Estas diferenças, reforçadas pelas observadas em outros parâmetros, indiciam uma modificação na Lagoa da Sancha entre o final da década de oitenta e a actualidade.



**Figura VI.2-55** - Valores da Temperatura (A) e do Oxigénio dissolvido (B) à superfície do corpo aquoso da Lagoa da Sancha durante a campanha A em função da hora de registo.

Os valores baixos de salinidade e condutividade registados na campanha A (0,9 ‰ e 1,6-mS/cm), embora se reportem ao início do Verão, reflectem as características de um corpo aquoso após um Inverno pluvioso (precipitação acumulada na Estação Meteorológica de Monte Velho de 665mm), enquanto os valores mais elevados da campanha B (3,4-3,8 ‰ e 6,0-6,6 mS/cm), igualmente obtidos no Verão, foram registados após 4 meses de precipitação reduzida ou ausente depois de um Inverno pouco pluvioso (437 mm) (**Figura VI.2-51**). Observando-se os dados relativamente à precipitação ocorrida no período que antecedeu a campanha C, esperar-se-ia valores de salinidade/condutividade mais baixos que os registados, pelo que se infere a ocorrência, durante o período de “água vivas” de Agosto/Setembro de 2002, de um temporal com ondulação suficientemente elevada capaz ultrapassar a cota da cicatriz de uma antiga barra de maré, posicionada no sector Norte do cordão arenoso que isola a Lagoa da Sancha, introduzindo água salgada no sistema. Actualmente, esta consiste na forma mais importante de entrada de água salgada no sistema, pois a última vez que a Lagoa da Sancha estabeleceu comunicação com o oceano através de uma barra de maré, segundo comunicação oral de pescadores da Lagoa de Santo André, foi ano de 1967 depois do rompimento natural da barreira arenosa, após um Inverno pluvioso. Esta informação é reforçada em relatório de SEARN-SNPRCN (1988) quando refere que este ambiente “... só raramente tem ligações ao mar e o seu assoreamento vem reduzindo cada vez mais o já limitado espaço da ecofase líquida” e em PINTO (1995) que refere “a comunicação por meios recíprocos por meios naturais só ocorre muito raramente”. Ao contrário do registado nas lagunas de Albufeira, Melides e Santo André em que o Homem é responsável pela abertura artificial de uma barra de maré, aqui na Sancha tal operação nunca foi comum no passado, nem no presente. PINTO (1995) menciona que “Não tem sido executada qualquer comunicação por meios artificiais”.

Os valores referentes ao Inverno de 2004 (campanha D) são semelhantes aos observados após o Inverno de 2001 (campanha A). As variações da salinidade e condutividade, durante o período em estudo, são de pequena amplitude indicando, tanto no Verão como no Inverno, um corpo aquoso oligohalino (0,5 ‰ < salinidade < 5 ‰) oscilando os referidos parâmetros entre 0,9-4,3 ‰ e 1,31-7,9 mS/cm, respectivamente. A precipitação/evaporação e os galgamentos são os factores determinantes na variação

dos referidos parâmetros. Em estudo de ERENA-SEARN-SNPRCN (1988) refere-se que durante anos a água lagunar é 100 % Doce (Primavera, Verão, Outono e Inverno). No entanto, CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999), registam oscilações de salinidade entre 2,5 e 12,0‰ nas campanhas mensais entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989, em que os valores mais elevados são dos meses de Setembro/Outubro (12 ‰) como consequência da forte evaporação registada. Pelo exposto, o corpo aquoso da Lagoa da Sancha deve permanecer a maior parte do ano com condições doces/oligohalinas mas, excepcionalmente, durante Verões quentes ou após eventos de temporal, pode adquirir características mesohalinas. A **Figura VI.2-3B** mostra a evolução temporal da salinidade no hidrossoma da Lagoa da Sancha durante o período de monitorização deste trabalho, juntamente com os valores de outros autores (1988 a 2014) e na **Figura VI.2-5** compara-se com a profundidade (espessura) do hidrossoma.

Na campanha A os teores de oxigénio dissolvido (OD) à superfície oscilam entre 4,0 e 6,5 mg/L, correspondendo a percentagens de saturação entre 50 e 78 %. Esta variação está fortemente condicionada pela variação térmica diária anteriormente referida (o aumento da temperatura e da salinidade diminui a solubilidade do OD); a progressiva subida da temperatura atmosférica induz o aquecimento gradual diário das águas superficiais, oligohalinas (salinidade constante = 0,9 ‰) (**Figura VI.2-55A**) provocando a diminuição da solubilidade do OD (**Figura VI.2-55B**). Se na zona fótica da coluna de água existisse elevada concentração de organismos fotossintéticos, a sua actividade diurna (fotossíntese) induziria o aumento do OD, podendo eventualmente atingir-se valores de percentagem de saturação próximos de 200%, como observado na Lagoa de Santo André (CRUCES, 2001). No entanto, a diminuição do OD ao longo do dia constitui um indício da diminuta biomassa no sistema, facto que contraria o observado em 1988 por CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) que registaram os maiores índices de *clorofila a* em Setembro e Outubro. No mesmo estudo, os meses de Janeiro, Fevereiro e Março apresentam-se igualmente com elevado teor de OD embora a proveniência se relacione com a ocorrência de macrófitas. Em profundidade, os teores destes dois parâmetros não registam grandes variações, assistindo-se a uma ligeira diminuição, sem oxiclina bem definida. Os valores mais baixos junto ao fundo registam-se na estação 8, com 3,5 mg/L e 41 %, respectivamente (**Figura VI.2-54**). Na campanha B os valores oscilam entre 6,5-9,5 mg/L e 81-116 %, respectivamente. Em ambas as campanhas o corpo aquoso regista águas subsaturadas a saturadas em oxigénio, salientando-se os valores das estações 7 e 8 durante a primeira campanha por se apresentarem abaixo do limite considerado bom para o suporte da vida aquática (5 mg/L - ANDREWS *et al.*, 1972). Nos estudos de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) os registos mensais apresentam valores entre 3,0 e 13,0 mg/L, estando os valores mais altos associados a elevadas concentrações de *clorofila a* ou de *Macrófitas*. Pode dizer-se que de uma forma geral os valores do hidrossoma lagunar se situam acima dos 4 mg/L com valores que podem atingir os 10-13 mg/L, enquanto os valores mais baixos foram registados em 2007, aproximadamente 3 mg/L. Os valores da % de saturação de OD acompanham as do oxigénio dissolvido e na **Figuras VI.2-3C/D** observa-se a evolução temporal do OD e da %OD no hidrossoma da Lagoa da Sancha durante o período de monitorização deste trabalho, juntamente com os valores de outros autores (1988 a 2014) e na **Figura VI.2-5** compara-se com os hidrossomas dos outros interdunares. Neste último é bem perceptível que os valores de OD estão dentro do intervalo registados nos Poços do Barbaroxa mas que relativamente ao pH o hidrossoma destaca-se pelo seus baixos valores (maior acidez) permanentes,

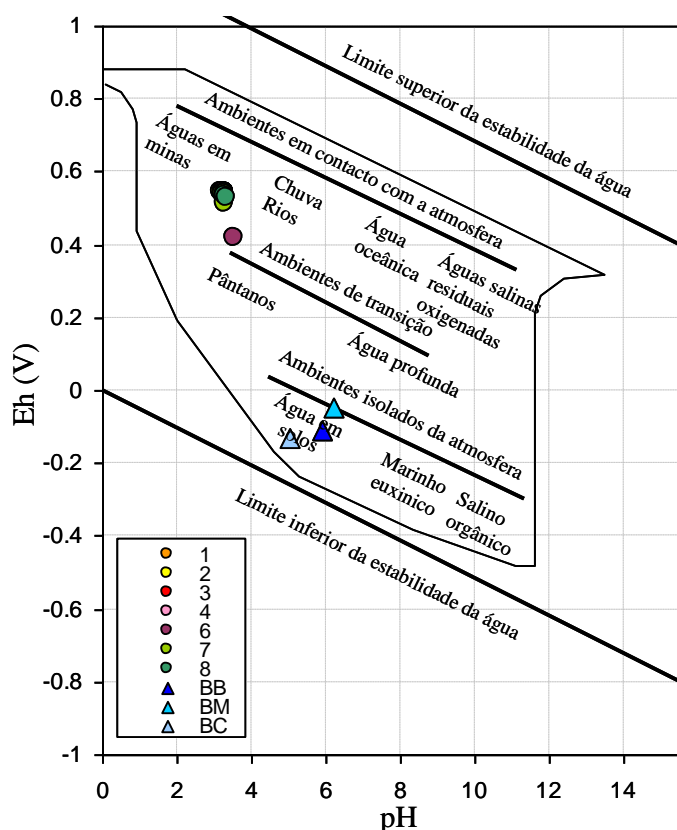
Relativamente ao pH e Eh mostram variações antagónicas, com valores de pH surpreendentes, quando comparados com os dos outros interdunares. O pH e o Eh da água superficial em Junho de 2001 (campanha A) situava-se entre 3,20 e 3,27 e +536 e +545 mV, respectivamente, permanecendo praticamente inalteráveis em profundidade, com excepção da estação 6 que regista um ligeiro incremento/diminuição para 3,52 e +420 mV, respectivamente. Em Agosto de 2002 (campanha B), os valores medidos à superfície pouco diferem dos observados durante a primeira campanha (pH entre 3,32-3,52). No entanto, o maior desvio nota-se na campanha D em que a estação avaliada revela o valor mais elevado de pH (3,82) e o mais baixo de Eh (+315 mV). Este comportamento antagónico indica a ocorrência de um processo responsável por estas modificações síncronas, embora ainda não completamente percebido. Durante o tempo de monitorização deste parâmetro pode dizer-se que os valores de pH variaram entre 2,72 e 5,60 com grande domínio dos valores na faixa dos 3,2, enquanto o Eh variou entre os +420 e +576 mV (excepto em dois momentos em que se registarão valores mais baixos mas sempre positivos. Segundo a classificação de TEODOROVICH (CHILINGAR, 1955, *in* PETTIJOHN, 1975) o corpo aquoso da Lagoa da Sancha é ácido, posicionando-se no diagrama de LANGMUIR (1997) na região superior esquerda (**Figuras VI.2-4 e VI.2-56**), indicando ambientes com características muito ácidas, típicas de águas de minas em ambiente oxidante. Estas características contrastam com as registadas nos hidrossomas dos Poços do Barbaroxa, mais próximas das características de ambientes de turfeira isolados do contacto com a atmosfera. Na **Figura VI.2-3A** observa-se a evolução temporal do pH no hidrossoma da Lagoa da Sancha durante o período de monitorização deste trabalho, juntamente com os valores de outros autores (1988 a 2014), onde é notória a diferença entre a maior acidez actual do hidrossoma da Sancha, quando comparada com os valores registados no passado e com os hidrossomas dos outros três interdunares.

Efectivamente, a actual acidez que caracteriza o hidrossoma da Lagoa da Sancha, não existia nos finais da década de 80. Dois estudos atestam que os valores de pH seriam considerados “normais” para ambientes lagunares:

1. ERENA-SEARN-SNPRCN (1988) - embora não apresentem valores deste parâmetro, nas fichas de caracterização química consideram estas águas com qualidade BOA no Verão e Inverno e qualidade MÉDIA no Outono e Primavera, pelo que se infere a inexistência das características extremas actuais;

2. CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) - no estudo de caracterização ecológica deste sistema, com campanhas mensais entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989, os autores registam valores de pH entre 6,0 (Agosto) e 8,0 (Setembro e Outubro). O autor assegura (comunicação oral e fotografias da Lagoa da Sancha, contemporâneas do estudo) que não era visível a “crosta ferruginosa” que cobre actualmente os sedimentos lagunares.

Pelo exposto, deduz-se que na Lagoa da Sancha ocorreu, desde os finais da década de 80 até à actualidade, uma modificação ambiental instigadora das características contemporâneas.



**Figura VI.2-56** - Posicionamento das águas dos hidrossomas dos interdunares dos Barbaroxa de Baixo (BB), do Meio (BM) e de Cima (BC) e da Lagoa da Sancha (1,2,3,4,6,7,8) no diagrama Eh versus pH de LANGMUIR (1997).

Uma análise química obtida por cromatografia gasosa, aos constituintes aniônicos do hidrossoma da Lagoa da Sancha (campanha D - 12/1/2004), indica uma água rica em cloretos e em sulfatos comparativamente com a água da precipitação atmosférica recolhida na Estação Meteorológica do Monte Velho, no período anterior à campanha (**Tabela VI.2-18, Figura VI.2-57**), registando-se teores 4 e 30 vezes superiores, respectivamente.

Esta elevada concentração é denunciadora de uma componente de mistura com água marinha, provavelmente entrada no sistema através de galgamento oceânico. Uma modelação geoquímica (software PHREEQC<sup>14</sup>) utilizando as características da água de precipitação da região e da água do mar indica que será necessária uma mistura com 99,318 % da primeira e 0,682 % da segunda para justificar a concentração registada de 166,8 mg/L de  $\text{Cl}^-$  obtida na água da Lagoa da Sancha. No entanto, a esta proporção corresponderia cerca de 20,46 mg/l de  $\text{SO}_4^{2-}$ , concentração substancialmente inferior aos 105,3 mg/l presentes na água da Sancha. Assim, para além da água de precipitação e da água marinha, uma terceira fonte está a contribuir para a concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  do hidrossoma. A causa (evento) que conduziu a este enriquecimento será discutida mais à frente durante a apresentação dos resultados da sedimentologia dos depósitos superficiais lagunares (ponto B - Sistema Lagunar - Análise sedimentológica).

<sup>14</sup> PHREEQC (versão 2.13.09 de D.L. PARKURST & C.A.J. APPELO, disponível em [http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC\\_coupled/phreeqc/index.html](http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/index.html))



Tendo em conta os valores de condutividade e da razão  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$  registados nas águas da Lagoa da Sancha, na precipitação da região e nas águas atlânticas (**Figura VI.2-57**), verifica-se que as águas pluviais revelam um certo índice de mistura em virtude da proximidade ao ambiente marinho da Estação Meteorológica do Monte Velho (posicionada a 1,3 km do litoral). Este “sinal marinho” é detectado pelo equipamento, principalmente nos dias de vento intenso com reduzida precipitação, com o acréscimo de sais ricos em Cl e Na (de origem marinha) transportados pelo vento do litoral próximo, que se vão concentrando no recipiente de recolha, produzindo um aumento da condutividade das águas pluviais. Na projecção da referida razão *versus* o logaritmo da condutividade, as águas da Lagoa da Sancha destacam-se claramente das restantes, denunciando sinais de mistura (condutividade entre as águas pluviais e oceânicas) mas o principal destaque vai para o seu elevado teor em  $\text{SO}_4^{2-}$  (razão  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} < 3$ ). Valores desta natureza foram já referidos por outros autores em águas costeiras afectadas por lixiviação ácida proveniente de sedimentos com pirite<sup>15</sup>.

**Tabela VI.2-18** - Concentrações aniónicas da água da Lagoa da Sancha em 12 de Janeiro de 2004 (campanha D) comparativamente com as de precipitação e do Mar.

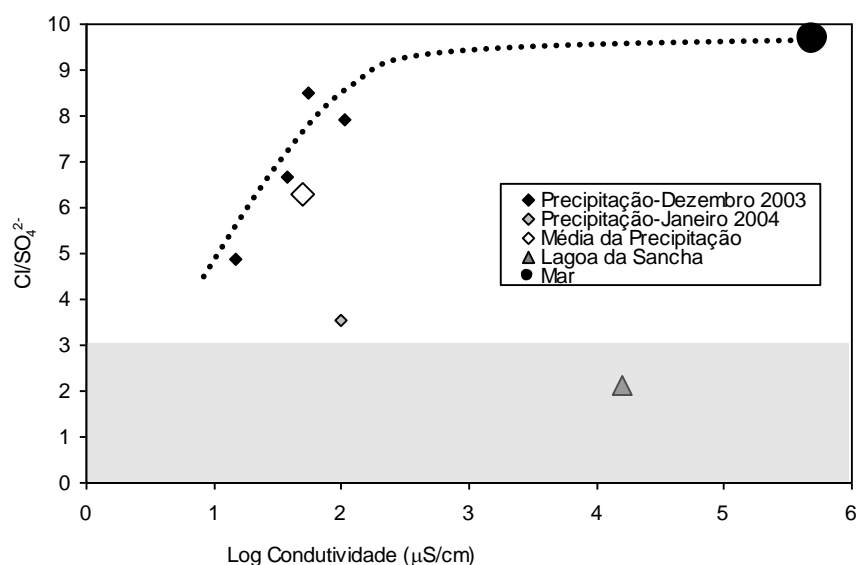
Anião	Concentração					
	Sancha		Precipitação*		Mar**	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
$\text{F}^-$	0,215	-	-	-	-	-
$\text{Cl}^-$	166,8	4,70	38,8	0,43	19350	545,7
$\text{Br}^-$	0,88	-	-	-	-	-
$\text{NO}_3^-$	0,168	-	-	-	-	-
$\text{SO}_4^{2-}$	105,3	2,19	3,42	0,07	2712	56,5
* correspondente à media dos valores de Dezembro/2003 e Janeiro/2004, obtidos na Estação meteorológica do Monte Velho. ** Para águas do Oceano Atlântico próximas das ilhas dos Açores (dados cedidos pela Dr <sup>a</sup> Rosário Carvalho).						

Tendo em conta que a oxidação de pirite autigénica (anteriormente formada e estável em sedimentos anóxicos) pode ser responsável pelo incremento do teor de sulfatos nas águas da Sancha (99,318% água de precipitação + 0,682% água marinha), simulou-se (software PHREEQC) diferentes graus de oxidação deste sulfureto, até se atingirem teores de sulfatos próximos dos actuais (105,3mg/l). A simples oxidação da pirite é insuficiente para baixar o pH da solução de mistura (precipitação (pH = 6,85) + marinha (pH = 8,22) = 7,85) para os actuais valores posicionados entre 3,2 e 3,8, pelo que foi associada à simulação a oxidação simultânea de óxidos de ferro (goetite). Verificou-se que a oxidação de  $0,44 \times 10^{-3}$  mol de pirite eram suficientes para se atingir o valor de sulfatos actuais e reduzir o pH da solução para 3,17 (**Figura VI.2-58**), libertando  $0,44 \times 10^{-3}$  mol de Fe (= 24,6mg/l Fe). Se considerarmos que a totalidade do Fe precipita sob a forma de Goetite então teremos 39,1 mg/l.

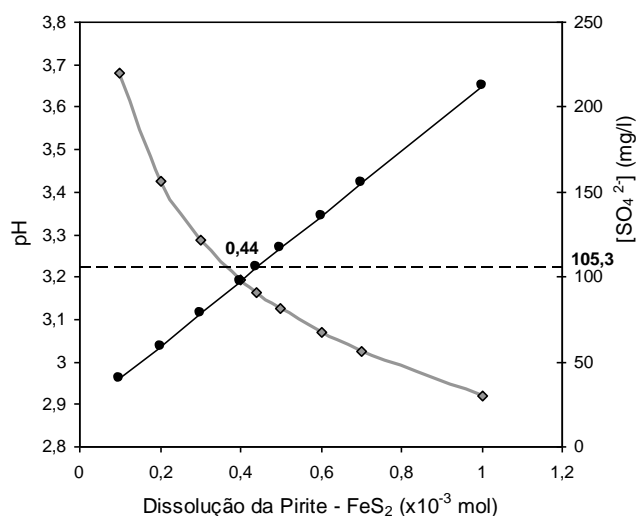
Verifica-se na numerosa bibliografia consultada sobre interdunares que o objectivo da investigação se focaliza, na maior parte dos casos, no estudo da biodiversidade e sucessão da flora dunar e na sua resposta face a algumas pressões naturais e antrópicas, pelo que os autores, em termos de parâmetros físico-químicos, dão ênfase ao pH e aos diferentes nutrientes disponíveis nas águas. Apenas dois trabalhos referem teores para cloretos (GORHAM, 1959; JONES *et al.*, 2006) e um trabalho para sulfatos (GORHAM, 1959). A comparação indica que a concentração destas duas espécies aniónicas ( $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) nas águas do interdunar em estudo é muito superior à registada nos dois trabalhos referidos (**Figura VI.2-59**).

<sup>15</sup> [http://www.ozestuaries.org/indicators/ls\\_acid\\_soils\\_f.html](http://www.ozestuaries.org/indicators/ls_acid_soils_f.html)

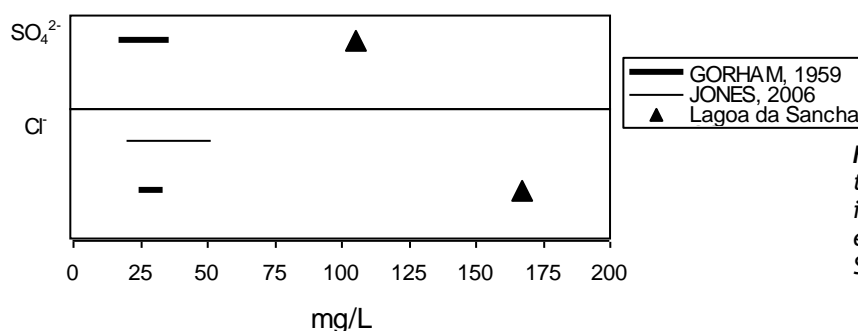
O excesso de cloretos deve ter a sua origem numa maior influência do sistema marinho que os adiciona através da entrada de água por galgamento da barreira em períodos de temporal (a condutividade na Sancha é de  $1310 \mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto em JONES *et al.*, 2006 não excede  $743 \pm 34 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Se os sulfatos reflectissem apenas a mesma origem marinha a razão  $\text{Cl}/\text{SO}_4^{2-}$  seria mais elevada, mais próxima da marinha. Deste modo, o excesso de sulfatos deve resultar da oxidação de sulfuretos anteriormente estáveis nos sedimentos em ambiente redutor. No entanto, é importante referir que estes valores são obtidos em interdunares com águas de pH entre 7,43 - 8,21 (fracamente alcalinas a alcalinas), enquanto na Sancha é de 3,35. Este carácter hiperácido tem uma justificação que se coaduna com a justificação apresentada para um aumento de  $\text{SO}_4^{2-}$  nas águas (ver ponto VI.2.4.1.2 B).



**Figura VI.2-57** - Razão  $\text{Cl}/\text{SO}_4^{2-}$  versus Log da condutividade para as águas do mar, pluviais e da Lagoa da Sancha. Água marinha - amostra recolhida próxima das ilhas dos Açores (dados cedidos pela Dr<sup>a</sup> Rosário de Carvalho). Água pluviais - recolhidas na estação meteorológica de Monte Velho, dias 2, 7, 9, 10 de Dezembro de 2003 e 9 de Janeiro de 2004, correspondendo ao período que antecedeu a recolha da amostra da água da Lagoa da Sancha). Água da Lagoa da Sancha - recolhida na campanha D dia 12 de Janeiro de 2004.



**Figura VI.2-58** - Simulação geoquímica (valores obtidos pelo software PHREEQC - versão 2.13.09) de diferentes graus de dissolução da pirite e consequente modificação do teor de sulfatos em solução (linha e pontos a negro) e do pH (linha e pontos a cinza). O tracejado representa a concentração de sulfatos actual nas águas lagunares da Sancha.



**Figura VI.2-59** - Comparação dos teores de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  nas águas de dois interdunares (GORHAM, 1959; JONES et al., 2006) e nas da Lagoa da Sancha.

As características ácidas em interdunares húmidos são referidas na bibliografia como resultantes do “Processo de Envelhecimento”, resultante do processo de descalcificação e enriquecimento em matéria orgânica. Este “envelhecimento” pode ser natural ou induzido pelo homem (ex: chuva ácida, processos de fixação dunar com implementação de mais vegetação). No entanto, a hiperacidez do hidrossoma da Lagoa da Sancha poderá ter uma justificação diferente associada a um evento de exposição dos sedimentos de fundo (ver ponto VI.2.4.1.2 B).

Não se conhece na região outro ambiente com hidrossoma superficial hiperácido como na Lagoa da Sancha. No entanto, na notícia explicativa da carta geológica da região de Santiago do Cacém (Folha 42-C) Inverno (1993b) refere a ocorrência de poços (furos) ou fontes que apresentam água não potável, ácida e fortemente férrea, localizados nas imediações de Abela: montes Retirada e Tojeira, próximo da barragem da Quinta da Corona, junto aos montes Mata Lobos, Matinha, Alcarial e Monte das Oliveiras de Cima. Embora saliente a ocorrência destas águas associada à Formação de Mira (Formação Paleozóica existente no substrato da bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha), mas em alguns casos próximas do contacto com a Formação de Mértola, o autor estranha o carácter ácido e férreo destas águas, pois não se conhece na região pirite detrítica ou em nódulos. No entanto, sugere uma possível relação com a existência de corpos de sulfuretos maciços em profundidade. A oxidação de sulfuretos maciços pode gerar condições ácidas nas águas circulantes (Drenagem Ácida Mineira) que mais à frente se explanará.

É importante ainda referir algumas outras diferenças composicionais do hidrossoma da Lagoa da Sancha. Em duas campanhas (5/12/12, 6/2/2013) efectuou-se uma caracterização físico-química mais completa das águas e os resultados de algumas das espécies catiónicas ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) e aniónicas ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) indicam que estas águas têm concentrações baixas, próximas das águas doces fluviais (**Figura VI.2-6**, **Figura VI.2-7**), embora se note um gradiente reduzido de mistura com a componente oceânica (**Figura VI.2-6**), sendo principalmente notório nos valores  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Tal como já verificado para o hidrossoma do Barbaroxa de Baixo, tamb+em aqui não obstante as concentrações destas espécies serem baixas, a proporção entre elas não é semelhante à assinatura geoquímica das águas fluviais, ricas em  $\text{HCO}_3^-$  e em  $\text{Ca}^{2+}$  (**Figura VI.2-6A**), tal como se observa noutros interdunares litorais, nomeadamente na região SW de Inglaterra (ALLEN et al., 2014 - **Figura VI.2-7C**). Com efeito, as águas da Lagoa da Sancha, embora com valores bastante mais baixos, proporções idênticas às registadas nas águas oceânicas, sendo os iões mais abundantes, por ordem decrescente, o  $\text{Cl}^-$ , o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{SO}_4^{2-}$  (**Figura VI.2-7B/D/F**). A presença abundante destas três espécies com afinidade marinha, entre outras, como o Sr, o Br, o F e o Ba (**Figura**

**VI.2-8A**), atesta a influência do sistema marinho nestes interdunares, podendo resultar de galgamentos esporádicos ou mesmo da dispersão de aerossóis marinhos. Tendo ainda em conta as concentrações de outros elementos químicos, como Fe, Al, Si, K, Ti, Sc, Rb, Zr, Y, Th, U, Li, Be, V, Ga, Ge, Se, e os Elementos das Terras Raras, verifica-se que estas águas da Sancha são enriquecidas nestes elementos (**Figura VI.2-6E/F, VI.2-9B, VI.2-10B, VI.2-11B**). O enriquecimento destas águas em elementos continentais, quando comparadas com as do Barbaroxa de Baixo pode dever-se, em parte ao tipo de substrato em contacto com o hidrossoma. Enquanto no Barbaroxa este ser composto essencialmente por turfas e lodos turfosos (ver item VI.2.1.2 Macro-escala), na Lagoa da Sancha os sedimentos de fundo são vasas ácidas, ricas em matéria orgânica. Note-se, no caso da Lagoa da Sancha, as elevadas concentrações registadas de alguns “metais pesados” (Fe, Mn, Co, Ni, Cd, Cu, Zn, Cr, Pb, As) geralmente utilizados como indicadores na avaliação da contaminação pelas actividades antrópicas (**Figura VI.2-11B**). A projecção no Diagrama de Ficklin (PLUMLEE *et al.*, 1999 - que nos permite classificar as águas de acordo com o pH *versus* o somatório dos principais metais pesados), usado para classificar águas em domínios afectados por contaminação em “metais pesados”), coloca o hidrossoma da Sancha no campo das águas MUITO ÁCIDAS, embora com teores baixos de metais (**Figura VI.2-12**) (isto quando comparadas com águas mineiras que podem atingir 100 000 mg/L em metais).

Uma outra característica que distingue estas águas da Lagoa da Sancha é o seu teor de nitratos mais baixo (**Figura VI.2-13**). Este facto pode ser consequência de o substrato ser mais vasoso e menos turfoso (menor quantidade de matéria orgânica em degradação).

#### VI.2.4.1.2 Caracterização dos sedimentos superficiais

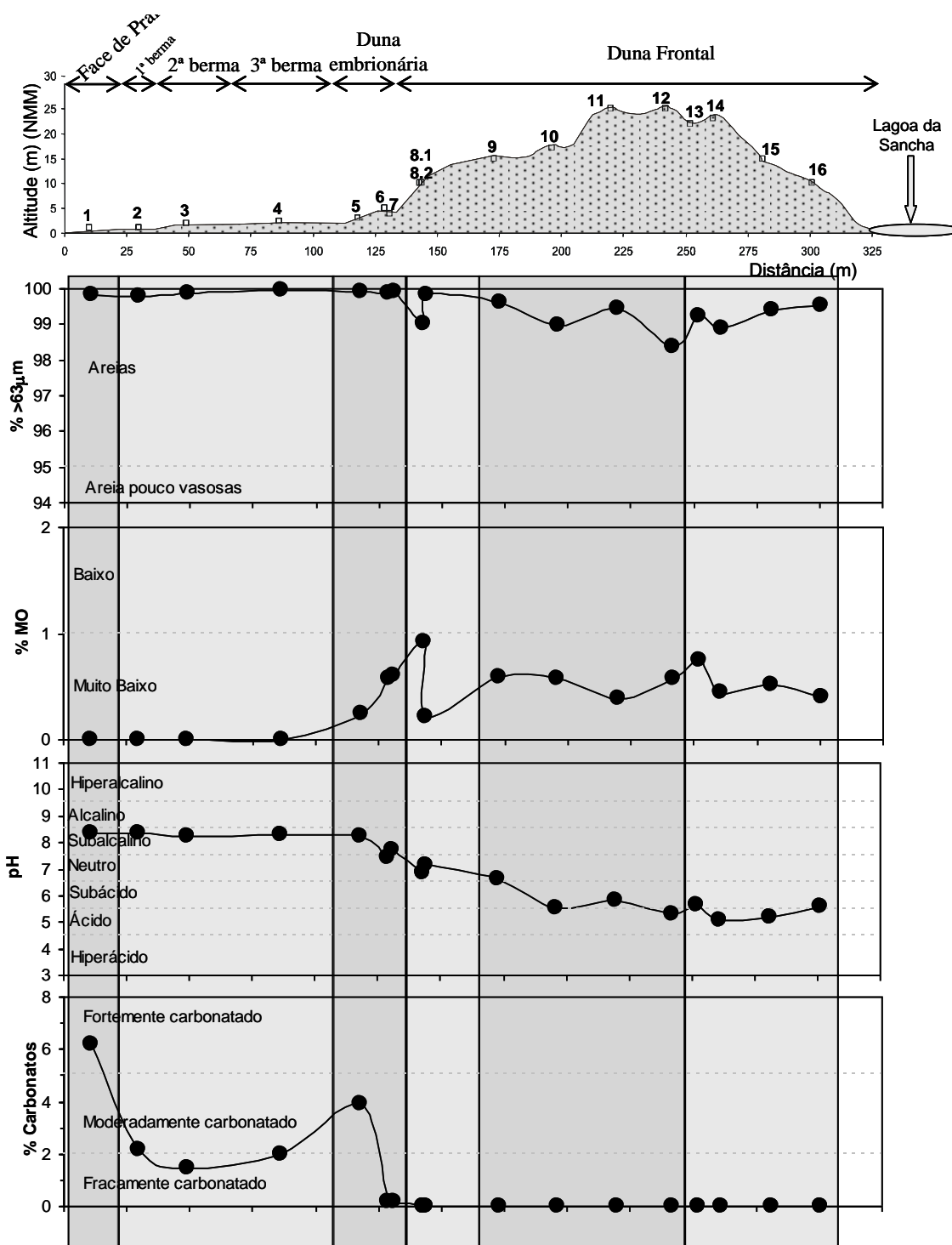
##### A) Sistema Praia-Duna

###### ▪ Análise Sedimentológica

Os sedimentos de praia consistem em areias ( $\%>63\ \mu\text{m}$  superior a 99,8 %), lavadas, nada orgânicas ( $\%\text{MO} = 0\%$ ), subalcalinas ( $\text{pH} = 8,22 - 8,33$ ), com componente carbonatada variável ( $\%\text{CaCO}_3$  entre 1,4 - 6,2) correspondendo a sedimentos fracamente a fortemente carbonatados (**Figura VI.2-60**). A componente grosseira destes sedimentos, maioritariamente quártzica, tem dimensões médias muito grosseiras a grosseiras ( $M_z = -0,57$  e  $0,11\ \phi$ ), bem a moderadamente bem calibradas ( $\sigma_1 = 0,41 - 0,77\ \phi$ ), cujas curvas de distribuição granulométrica apresentam assimetrias muito positivas ( $\text{SKI} = 0,40 - 0,54$ ), e são mesocúrticas a muito leptocúrticas ( $\text{KS} = 1,05 - 1,30$ ) (**Figura VI.2-61, Figura VI.2-62, Figura VI.2-63**).

Os sedimentos eólicos (duna embrionária e duna frontal) são areias ( $\%>63\mu\text{m}$  superior a 98,4%), lavadas, extremamente pouco orgânicas ( $\%\text{MO} < 1\%$ ), ácidas a subalcalinas ( $\text{pH} = 5,05 - 8,22$ ), maioritariamente fracamente carbonatadas ( $<0,2\%$ ), excepto a amostra 6 (3,9 %) (**Figura VI.2-61**). Dimensionalmente são areias grosseiras a médias ( $M_z = 0,39$  a  $1,31\ \phi$ ), moderadamente bem a moderadamente calibradas ( $\sigma_1 = 0,62 - 0,61\ \phi$ ), com curvas de distribuição de assimetria desde negativa a

positiva (SKI = -0,29 a 0,22) e essencialmente mesocúrticas e platicúrticas (KS = 0,80 - 1,17) (*Figura VI.2-61, Figura VI.2-62, Figura VI.2-63*).



**Figura VI.2-60** - Variação das características composicionais dos sedimentos dos diferentes sectores do perfil Praia-Duna a W da Lagoa da Sancha (amostras SCPx).

Os sedimentos do perfil analisado evidenciam um ligeiro aumento da fracção fina para nascente, principalmente dentro do domínio dunar, e em particular na região mais alta do edifício dunar, podendo resultar de uma selecção gravimétrica do vento que enriquece aqueles pontos em materiais mais finos. O

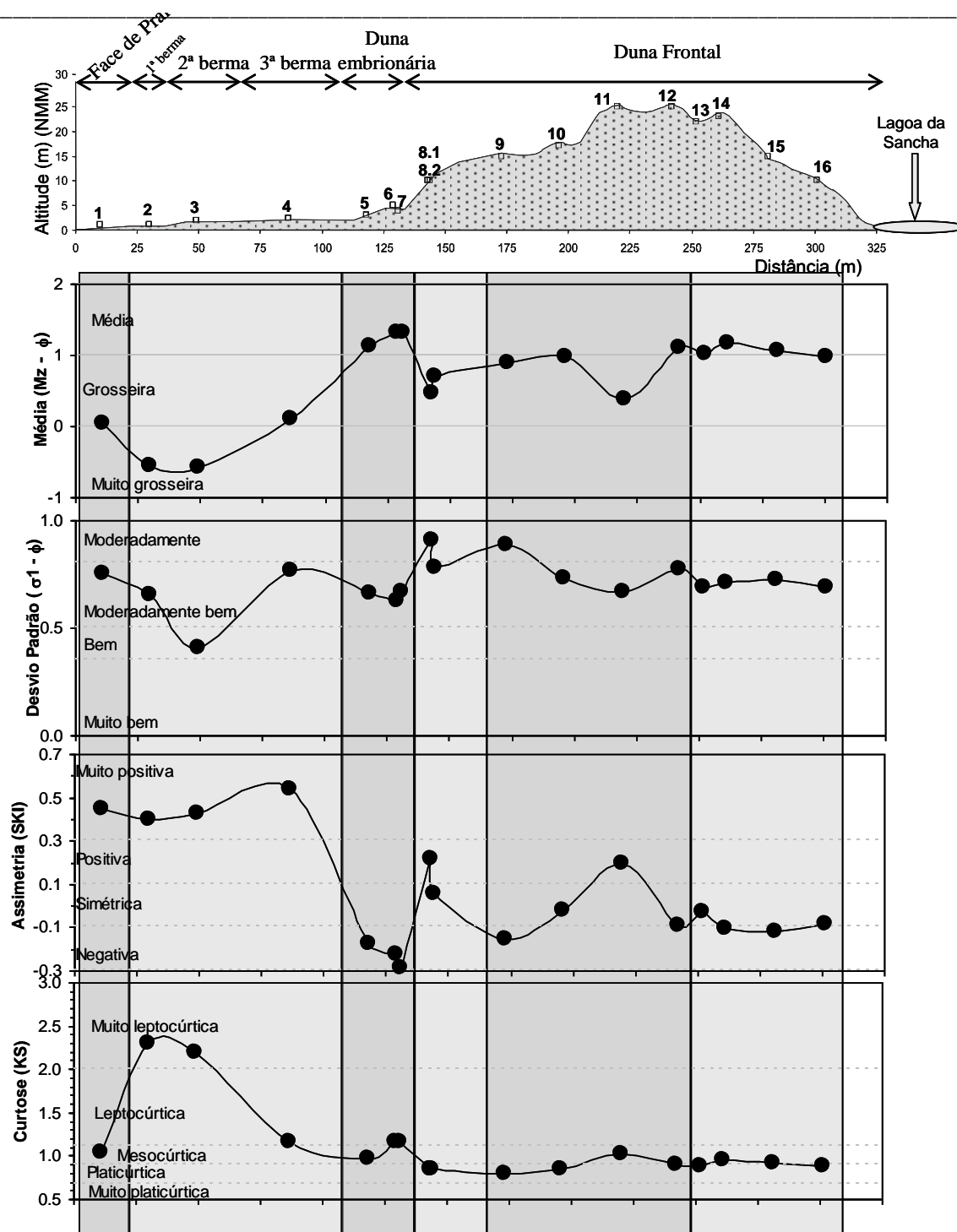
enriquecimento em “finos”, ausente no domínio de praia (face de praia + bermas), é conseguido, também, pela adição de matéria orgânica fina proveniente da presença de vegetação dunar, mais importante nos níveis superficiais como se comprova pelas amostras 8.1 (superfície) e 8.2 (poucos cm abaixo da superfície). Pelo contrário, a componente orgânica mineral (bioclastos carbonatados) diminui no mesmo sentido. A presença desta componente é notória na face de praia e na aba barlavento da duna embrionária (amostra 5), desaparecendo depois por completo. O teor de MO, condicionando os valores de pH, não é aqui factor exclusivo (não são os sedimentos mais orgânicos que revelam os valores de  $\text{CaCO}_3$  mais baixos), salientando-se a distância à fonte de carbonatos biogénicos (distância à praia) também como factor interveniente. O comportamento oposto do teor de MO e da componente bioclástica conjugam-se fazendo diminuir o pH para leste. O distanciamento à fonte de *alcalis* é importante nos domínios dunares; quanto mais “envelhecido” o corpo dunar (mais afastado da costa no caso de dunas longilitorais), mais ácido se torna o sedimento.

As areias dunares são mais finas que as de praia ou de berma, embora a componente grosseira das duas últimas seja muito enriquecida em fragmentos de conchas. No domínio dunar é a duna embrionária que revela os diâmetros médios mais baixos. A “aparente” componente mais grosseira das restantes areias pode resultar, em parte, do processo de deflação eólica das superfícies dunares, como se pode verificar pelas diferenças observadas nas amostras 8.1 ( $M_z = 0,48 \phi$ ) e 8.2 ( $M_z = 0,70 \phi$ ). É importante referir que, de uma forma geral, se observa uma diminuição do diâmetro médio desde a aba dunar barlavento (8.1) até às cristas (9,10,11 e 13) e ao seu aumento ao longo da vertente sotavento (14, 15 e 16). Este último pode resultar da acção gravimétrica diferencial ao longo do flanco mais íngreme da duna frontal.

Nos gráficos de correlação interparâmetros (**Figura VI.2-62, Figura VI.2-63**) é bem visível a diferença entre os domínios PRAIA (praia + bermas) e DUNA. As areias de praia são claramente mais grosseiras que as dunares, com melhor ou idêntica calibragem. A distribuição granulométrica das primeiras centra-se em torno de  $-1$  a  $0\phi$ , enquanto das segundas entre  $1$  e  $2\phi$  (**Figura VI.2-62**).

As curvas de distribuição granulométrica das areias de praia revelam populações granulométricas muito bem definidas (leptocúrticas e muito leptocúrticas) enquanto as dunares maioritariamente meso a platicúrticas (com excepção das dunas embrionárias) revelam comportamento bimodal, indiciando a mistura de duas populações com médias em  $0$  e  $2 \phi$  (**Figura VI.2-64**).

As curvas de distribuição granulométrica das areias de praia revelam populações granulométricas muito bem definidas (leptocúrticas e muito leptocúrticas) enquanto as dunares são maioritariamente meso a platicúrticas (com excepção das dunas embrionárias) revelam comportamento bimodal, indiciando a mistura de duas populações com médias em  $0$  e  $2 \phi$  (**Figura VI.2-63, Figura VI.2-64**). Contrariamente ao referido por muitos autores como regra para ambientes sedimentares que referem assimetrias positivas (excesso de finos) para ambientes dunares e assimetrias negativas (excesso de grosseiros) para sedimentos de praia, aqui os primeiros revelam assimetrias negativas ou curvas simétricas enquanto os segundos exibem assimetrias muito positivas (**Figura VI.2-62, Figura VI.2-63**).



**Figura VI.2-61** - Variação das características texturais (parâmetros gráficos) da fracção  $>63\mu\text{m}$  dos sedimentos dos diferentes sectores do perfil Praia-Duna a W da Lagoa da Sancha (amostras SCPx).

A análise granulométrica efectuada por GOMES (1992) em 19 amostras de um perfil praia-duna na região da Lagoa da Sancha, apesar de efectuada em amostras após a destruição da matéria orgânica e do carbonato de Ca, revela curvas de distribuição granulométrica idênticas à do presente estudo, embora nos sedimentos de praia aquela autor registe médias inferiores, provavelmente como consequência da ausência das partículas carbonatadas de maiores dimensões (bioclastos) destruídas previamente ao ensaio, não sendo, por isso, consideradas na análise granulométrica.



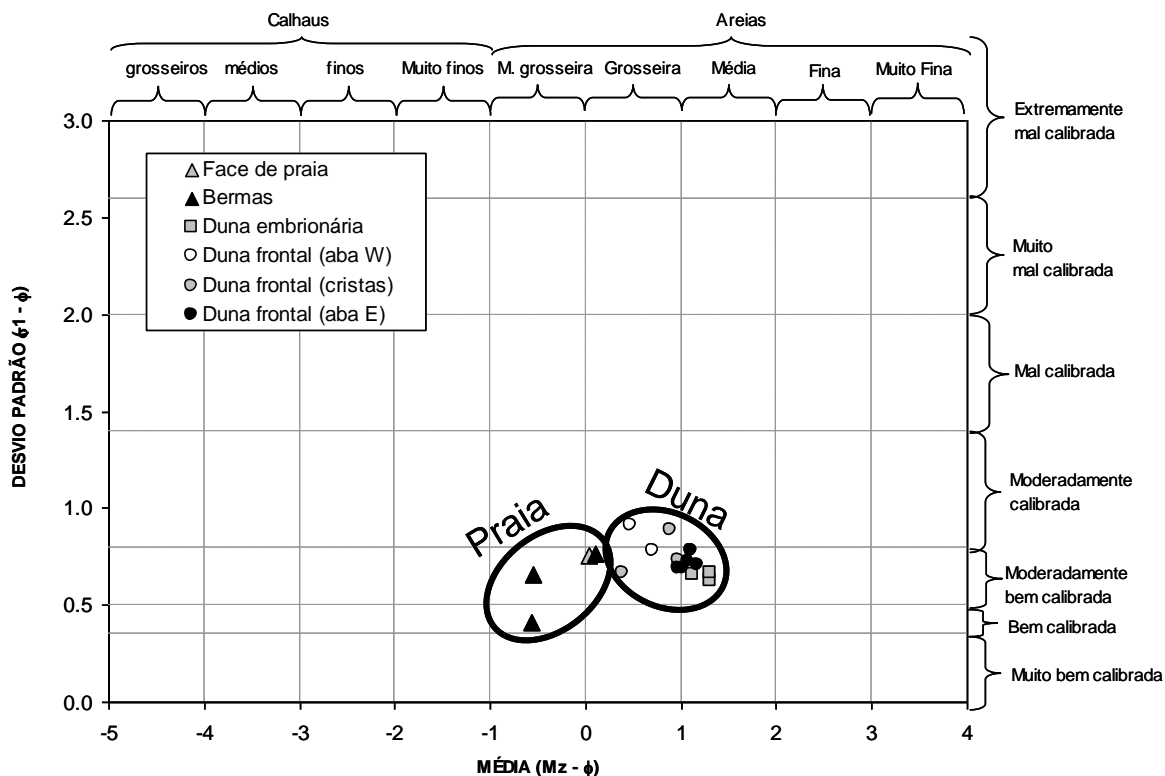


Figura VI.2-62 - Posicionamento das amostras do perfil Praia-Duna (W da Lagoa da Sancha) no gráfico interparâmetros média versus desvio padrão.

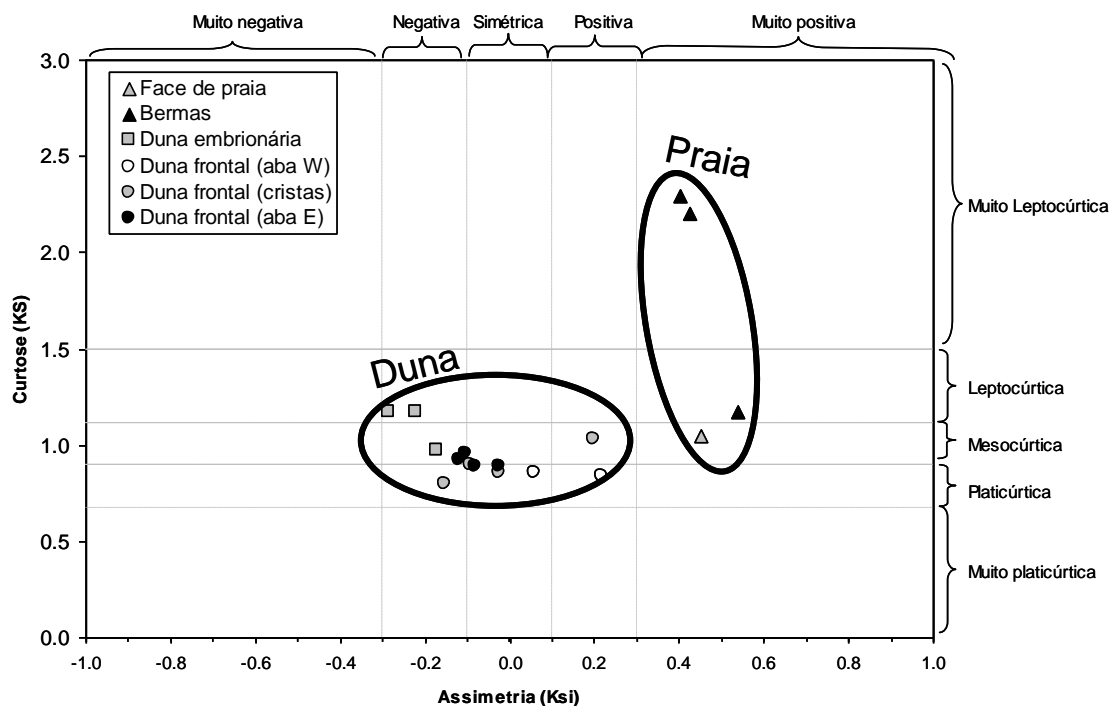


Figura VI.2-63 - Posicionamento das amostras do perfil Praia-Duna (W da Lagoa da Sancha) no gráfico interparâmetros assimetria versus curtose.

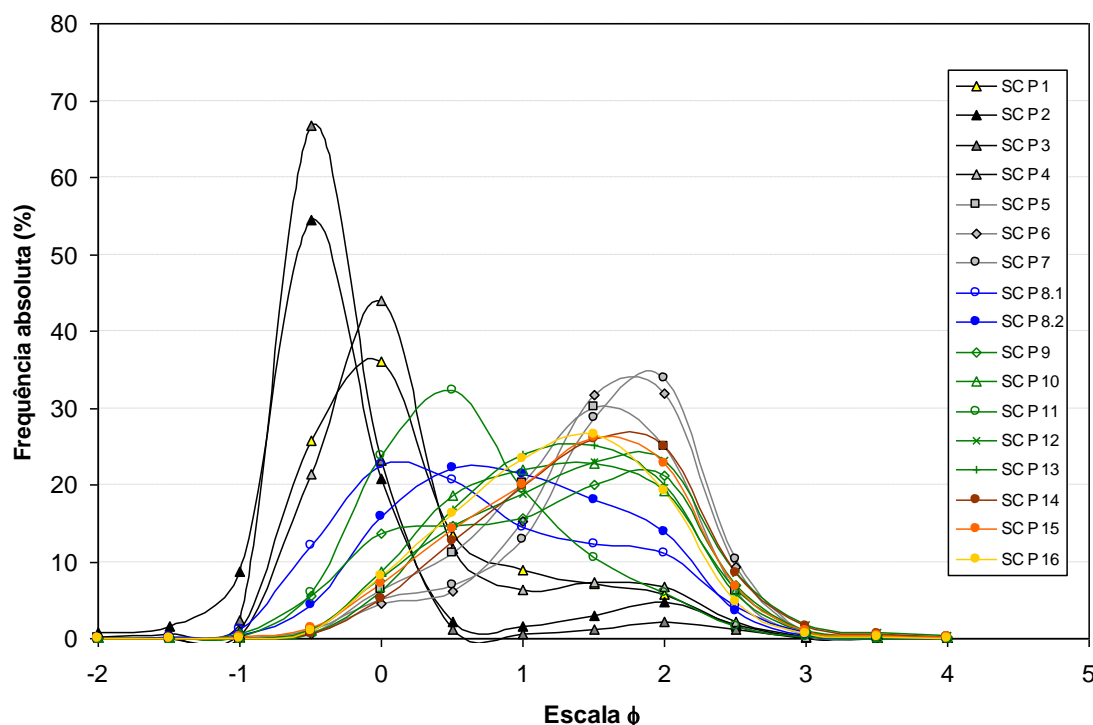


Figura VI.2-64 - Curvas de frequência simples das amostras do perfil Praia-Duna (W da Lagoa da Sancha).

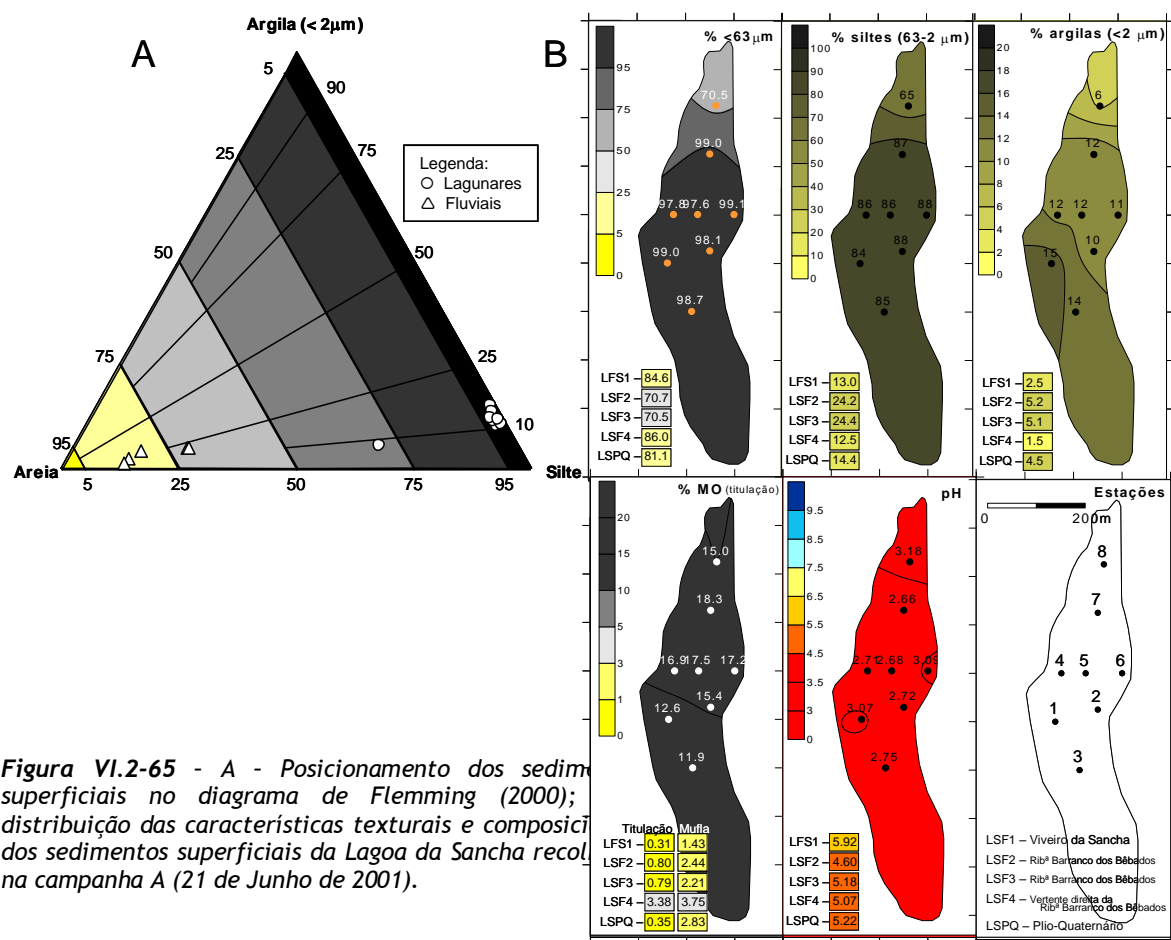
## B) Sistema Lagunar

### ▪ Análise Sedimentológica

Os sedimentos de fundo lagunar são essencialmente vasas ( $\% > 63\mu\text{m} < 2,4\%$ ), excepto na região vestibular (estação 8 -  $\% < 63\mu\text{m} = 29,5\%$ ), onde passam a vasas arenosas (**Figura VI.2-65A**) em consequência da adição de alguma areia via galgamento oceânico. A fracção arenosa desta última amostra é uma areia fina ( $Mz=2,04\phi$ ), moderadamente calibrada ( $\sigma_1=0,64\phi$ ) com assimetria negativa ( $SKI=-0,29$ ) e curva leptocúrtica ( $Ks=1,13$ ), características mais próximas das areias dunares. Os siltes constituem a componente mais importante na fracção  $< 63\mu\text{m}$  destes sedimentos com percentagens entre 65 e 87%, enquanto as partículas  $< 2\mu\text{m}$  estão presentes em concentrações que variam entre 6 - 15% (**Figura VI.2-65A, Figura VI.2-65B**). A distribuição espacial destes parâmetros mostra um padrão longitudinal N-S, que resulta essencialmente da região vestibular se encontrar sob a influência directa da contribuição sedimentar marinha proveniente via galgamento da zona N do cordão arenoso, altimetricamente mais baixa e fragilizada. Por outro lado, a embocadura é a zona mais afastada da influência da descarga sólida proveniente via fluvial, logo empobrecida em componentes finos.

Trata-se de materiais extremamente ricos em matéria orgânica (teor variável entre 11,9 e 18,3%), hiperácidos (pH entre 2,66 e 3,18), isentos de carbonatos biogénicos. CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) refere teores médios de MO nos sedimentos lagunares entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989 entre 19,5% (Janeiro/1989) e 31,4% (Maio/1988). Estes teores mínimos e máximos não estão relacionados com os mínimos e máximos de *macrófitas* e *clorofia a* (fontes de MO para o sedimento). No entanto, correspondem aos meses em que o corpo aquoso registou os teores máximos e mínimos de oxigénio

dissolvido na coluna de água, respectivamente. Esta relação sugere que a diminuta concentração de OD na coluna de água em Maio/1988 pode ser responsável por uma redução da taxa de decomposição da MO. Pelo contrário, as elevadas concentrações de OD registadas em Janeiro/1989 contribuirão certamente para um incremento da taxa de degradação da MO nos sedimentos superficiais, justificando o teor mais baixo de MO registado nesse mês. É importante referir que embora todos os teores de MO registados por CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) sejam superiores aos registados no presente estudo, não significa uma diminuição real no teor de MO nos sedimentos actuais. Tal facto pode resultar da utilização de métodos diferentes na determinação deste parâmetro: os primeiros foram obtidos por incineração em mufla (500°C/24h), enquanto os actuais por titulação com dicromato de potássio após oxidação com ácido sulfúrico. O primeiro método devolve valores mais elevados por incluir para além do teor de MO, alguma água adsorvida aos minerais argilosos, bem como alguma componente carbonatada que inicia a sua decomposição abaixo dos 500°C. De acordo com a classificação de qualidade ambiental para lagunas costeiras proposta pelo IFREMER (2000, *in* AUSTONI *et al.*, 2004 - ver Anexo II - ponto A.II.1.2.3 - **Tabela A.II.1-6**), com base no teor de matéria orgânica, a Lagoa da Sancha é classificada com Qualidade MUITO MÁ, por apresentar teores de MO > 10%.



**Figura VI.2-65** - A - Posicionamento dos sedimentos superficiais no diagrama de Flemming (2000); distribuição das características texturais e composicionais dos sedimentos superficiais da Lagoa da Sancha recolhida na campanha A (21 de Junho de 2001).

A ausência de componente bioclástica carbonatada nos sedimentos actuais não implica que esta não existisse anteriormente mas face às características hiperácidas das águas actuais, qualquer componente

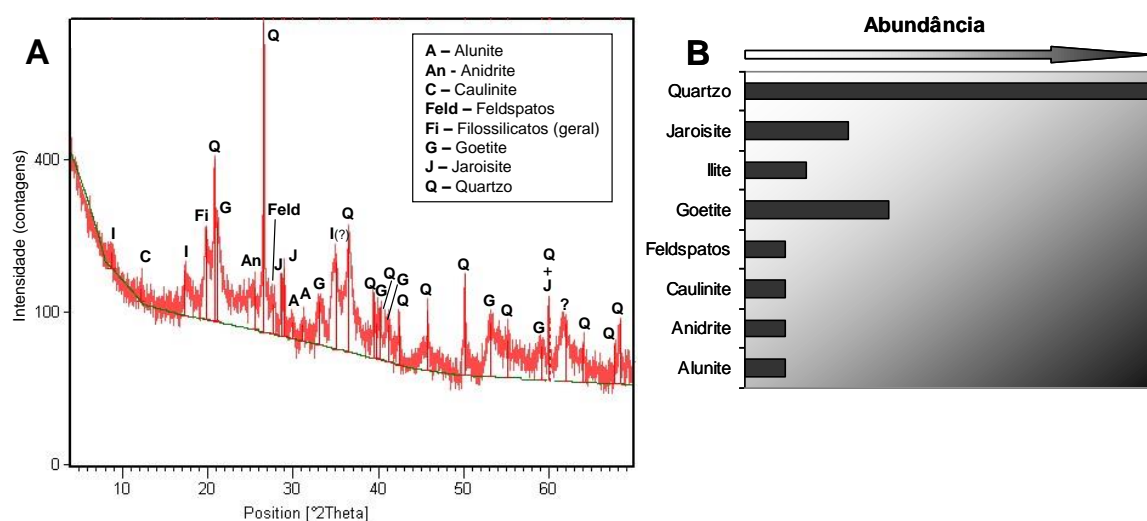
carbonatada biogénica rapidamente se decompõe nos seus elementos constituintes, ficando em solução, impedindo a sua preservação nos sedimentos igualmente hiperácidos.

A difractometria de RX (fracção analisada = “rocha total”) do sedimento recolhido na estação 1 (amostra LSD1A, em 2001) indica que os materiais superficiais da Lagoa da Sancha contêm quartzo e filossilicatos, minerais típicos em ambientes lagunares, alguns feldspatos, mas também são muito ricos em óxidos/hidróxidos de ferro e sulfatos (**Figura VI.2-66**).

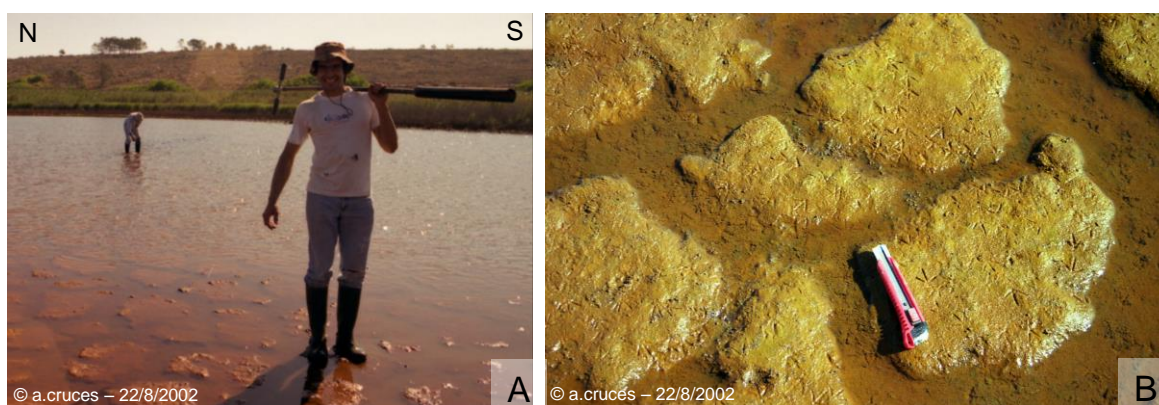
O Quartzo é fácil de distinguir através do seu pico principal característico  $2\theta$  a  $26,59^\circ$  ( $d=3,35\text{\AA}$ ), juntamente com os restantes picos secundários de menor intensidade. Os filossilicatos como a Ilite revelam-se através dos picos  $2\theta$  a  $\sim 8,79^\circ$  ( $d=10\text{\AA}$ ) e a  $17,37^\circ$  ( $d=5,1\text{\AA}$ ), enquanto a Caulinite se reconhece pela detecção do pico  $2\theta$  a  $12,17^\circ$  ( $d=7,27\text{\AA}$ ). A cor alaranjada dos sedimentos superficiais fazia prever a presença abundante de óxidos/hidróxidos de ferro, sendo comprovada pela detecção de Goetite -  $\text{Fe}_3\text{O}(\text{OH})$  - com o pico principal  $2\theta$  a  $21,22^\circ$  ( $d=4,19\text{\AA}$ ) e restantes picos a  $33,14^\circ$  ( $d=2,70\text{\AA}$ ), a  $41,22^\circ$  ( $d=2,19\text{\AA}$ ), a  $53,09^\circ$  ( $d=1,72\text{\AA}$ ) e a  $59,05^\circ$  ( $d=1,56\text{\AA}$ ). Os sulfatos detectados foram a Anidrite -  $\text{CaSO}_4$  - identificado pelo pico principal  $2\theta$  a  $25,50^\circ$  ( $d=3,49\text{\AA}$ ), a Jarosite -  $\text{K}[\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$  - identificado principalmente pelos picos  $2\theta$  a  $28,63^\circ$  ( $d=3,12\text{\AA}$ ) e a  $28,98^\circ$  ( $d=3,08\text{\AA}$ ) e a Alunite -  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$  - pelos picos principais  $2\theta$  a  $29,89^\circ$  ( $d=2,98\text{\AA}$ ) e a  $31,15^\circ$  ( $d=2,87\text{\AA}$ ). Foi detectada também a presença de Feldspatos.

Na impossibilidade de se proceder à quantificação, pode no entanto inferir-se, de forma grosseira, as abundâncias relativas sem apresentar percentagens. Deste modo, pode dizer-se que embora minerais como o Quartzo e os Filossilicatos, nomeadamente a Ilite + Caulinite, correspondam aos principais minerais constituintes destes sedimentos, não são extremamente abundantes como verificado em outros ambientes lagunares. O pico principal do quartzo, mineral mais abundante, não excede 800 contagens. Os sedimentos da Sancha revelam-se muito enriquecidos em Goetite e Jarosite correspondendo a cerca de 1/3 e 1/4 da abundância do Quartzo, respectivamente. Os restantes minerais identificados apresentam abundâncias aproximadamente de 1/10 da do mineral principal (**Figura VI.2-66B**). Efectivamente, durante a campanha de recolha de sondagens para o estudo a macro-escala temporal, em 2002, numa altura em que o hidrossoma se reduziu a cerca de 20 cm de espessura, ficaram visíveis grandes polígonos de dessecação cobertos por uma crosta ferruginosa “atapetando” um fundo lagunar (**Figura VI.2-67A**). A forte coloração alaranjada era sugestiva do seu elevado teor em Fe.

No Verão de 2013, assistiu-se a mais uma secagem do hidrossoma lagunar, pelo que se recolheram várias amostras na superfície da crosta, em locais onde esta exibia diferentes colorações, desde branco, amarelo, alaranjado, arroxado e mesmo num local onde existia uma “película oleosa” na superfície do sedimento (**Figura VI.2-66/67/68/69**). As amostras exibiam elevado teor em matéria orgânica, as recolhidas no ponto 1 entre 18 e 21 %, as do ponto 2 40 %, as do ponto 3 entre 27 e 33 % e as do ponto 4 entre 27 e 41 %. De realçar que todas com excepção da LSS1A são mais enriquecidas na componente labil da matéria orgânica indiciando importante contribuição das plantas terrestres no sedimento de fundo.



**Figura VI.2-66** - A - Difratograma de RX da amostra LSD1A (“rocha total” - pó não orientado), recolhida a 21 de Junho de 2001; B - Abundância relativa estimada dos minerais identificados.

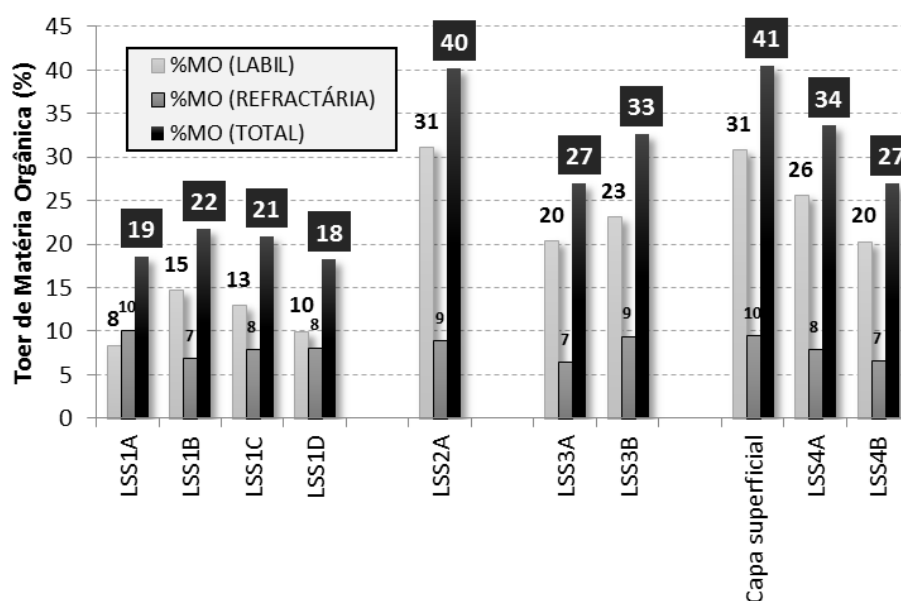


**Figura VI.2-67** - Aspecto dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha, em Agosto de 2002, durante o período de Verão. A - Fendas de dessecação e crosta ferruginosa na superfície dos sedimentos; B - Pormenor das fendas, dos polígonos e da crosta ferruginosa.

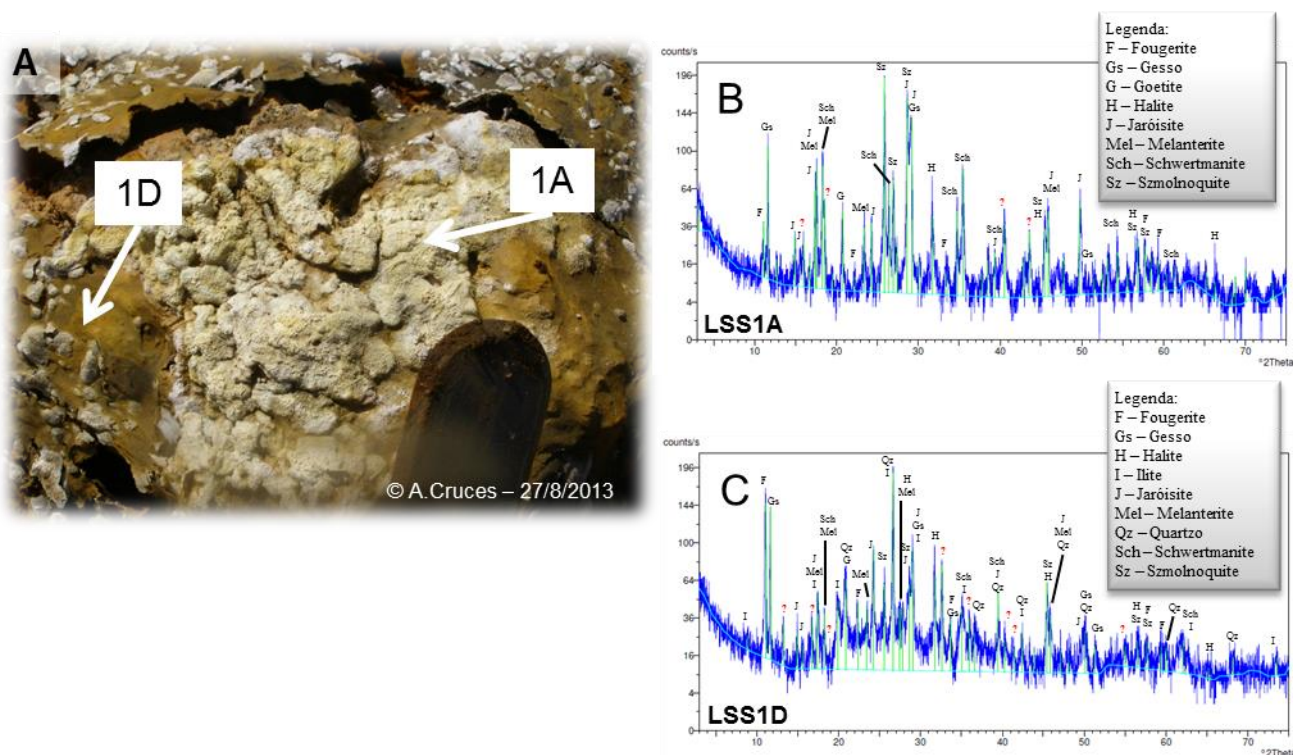
Após a análise dos resultados da difractometria de RX (fracção analisada = “rocha total”) do sedimento recolhido (**Figuras VI.2-69, VI.2-70, VI.2-71; VI.2-72**), podemos dividir as 10 amostras LSS em 4 grupos com diferentes associações de minerais (**Tabela VI.2-19**):

Grupo a - amostras 1A e 1D; Grupo b - amostras 1B e 1C; Grupo c - amostras 2A e 4A.

Estes resultados revelam minerais diferentes dos encontrados na campanha de 2001. Para além do quartzo e de alguns filossilicatos (moscovites, ilites, caulinites, vermiculites) aparecem óxidos de Fe (goetite), halogenetos (halite) e varias formas de sulfatos (gesso, jarosite, melanterite, Schwertmanite, Szmolnoquite) que atestam o enriquecimento em enxofre deste sistema. O aparecimento de melanterite (sulfato de Fe), que pode desidratar para Szmolnoquite, são sulfatos secundários que podem aparecer associados a drenagem ácida mineira, em ambientes enriquecidos em metais pesados em ambientes superficiais ácidos (HAMMARSTROM *et al.*, 2005)

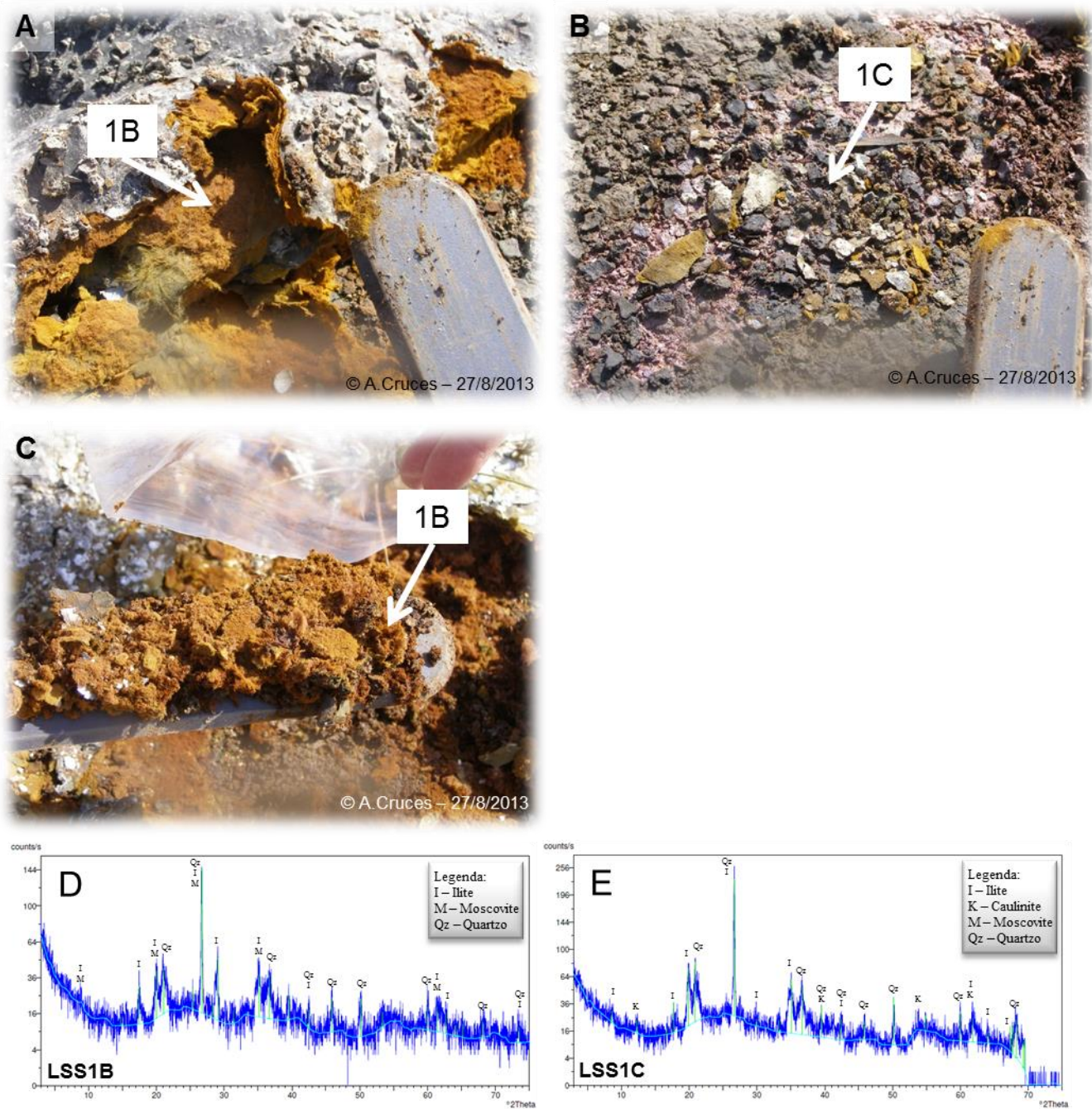


**Figura VI.2-68** - Resultados do teor de matéria orgânica total e das suas componentes labil e refractária, das amostras recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo lagunar, na Lagoa da Sancha, na campanha de Agosto de 2013.



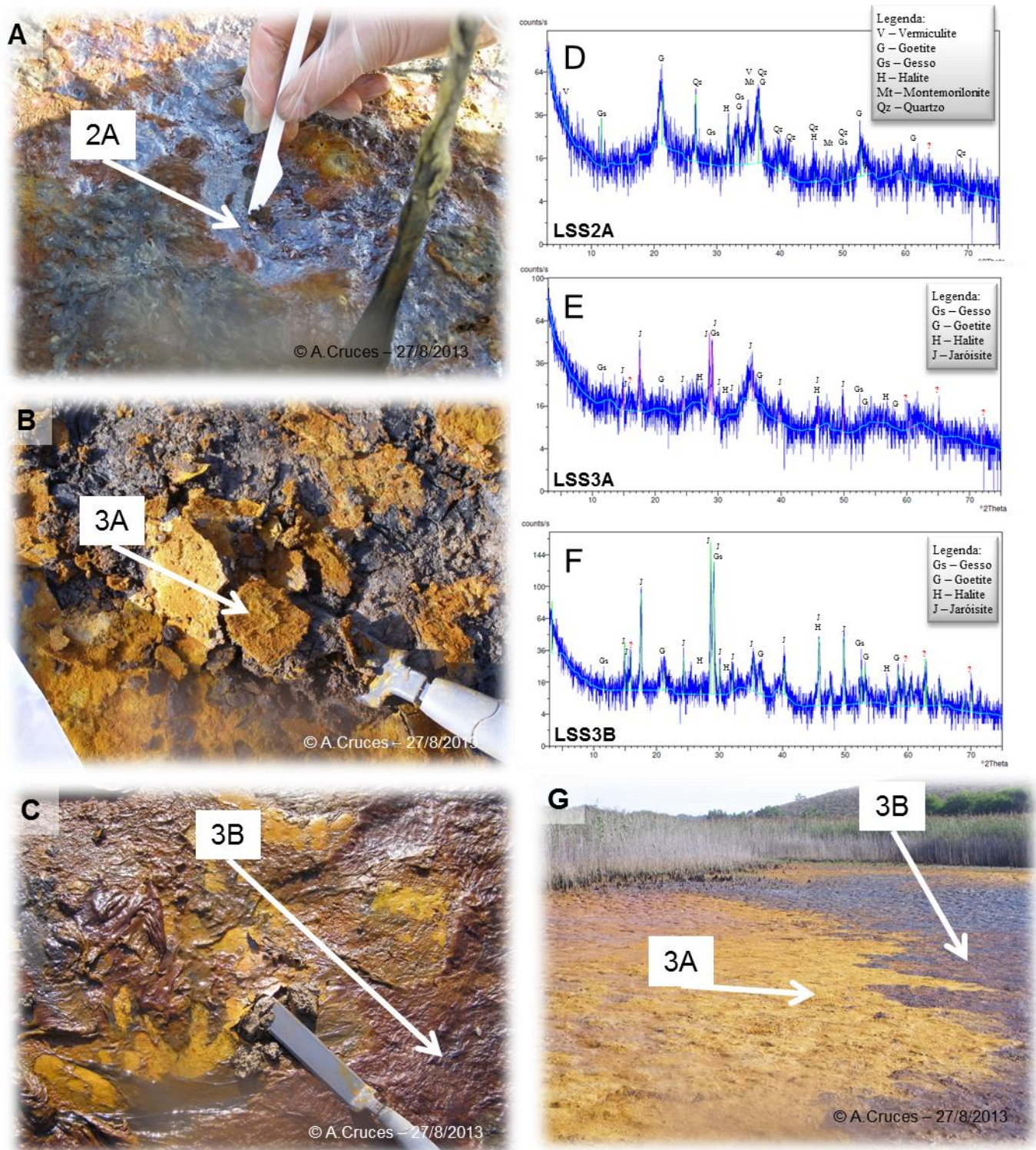
**Figura VI.2-69** - Fotografia (A) e difractogramas de RX das amostras LSS1A (B) e LSS1D (C) recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo lagunar, na Lagoa da Sancha, na campanha de Agosto de 2013.



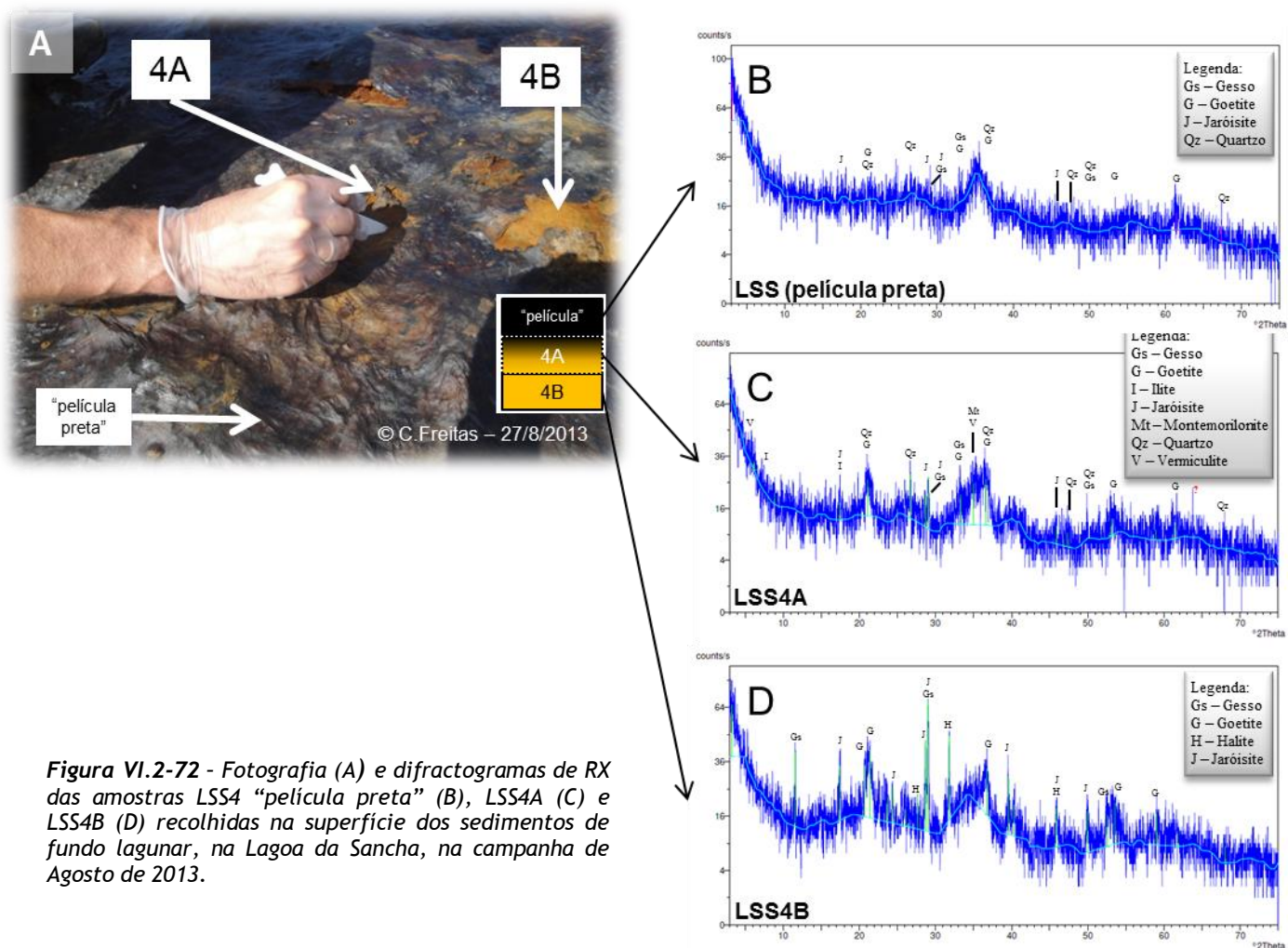


**Figura VI.2-70** - Fotografias (A, B, C) e difractogramas de RX das amostras LSS1B (D) e LSS1C (E) recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo lagunar, na Lagoa da Sancha, na campanha de Agosto de 2013.





**Figura VI.2-71** - Fotografias (A, B, C, G) e difractogramas de RX das amostras LSS2A (D), LSS3A (E) e LSS3B (F) recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo lagunar, na Lagoa da Sancha, na campanha de Agosto de 2013.



**Tabela VI.2-19** - Minerais detectados por difractometria de Rx nas amostras de sedimento de fundo na Lagoa da Sancha, na campanha de Agosto de 2013. As letras a, b, c, d indicam o grupo a que cada amostra pertence.

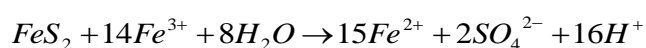
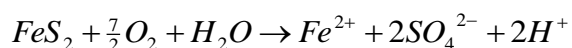
Minerais detectados pela difractometria de RX	Amostras									
	1A	1B	1C	1D	2A	3A	3B	PELÍCULA	4A	4B
Caulinite	a		b							
Fougerite	a			a						
Gesso	a			a	c	d	d	d	c	d
Goetite	a				c	d	d	d	c	d
Halite	a			a	c	d	d	d		d
Ilite	a	b	b	a					c	
Jarosite	a			a		d	d	d	c	d
Melanterite	a			a						
Montmorillonite					c				c	
Moscovite		b	b							
Quartzo		b	b	a	c				c	
Schwertmanite	a			a						
Szmojnoquite	a			a						
Vermiculite					c				c	



As características atípicas deste interdunar, principalmente a ocorrência de condições extremas, tais como a hiperacidez do hidrossoma e dos sedimentos superficiais, bem como a presença da crosta ferruginosa “atapetando” um fundo lagunar de morfologia poligonal (fendas de dessecação) (**Figura VI.2-67A**), desde o início sugeriram a ocorrência de um evento excepcional. A suspeita inicial de um evento extremo e prolongado de exposição dos sedimentos lagunares com retracção das vasas orgânicas propiciando a formação de fendas de dessecação acentuadas (espaçamentos centimétricos) (**Figura VI.2-67B**) e consequente instabilização/oxidação de sulfuretos diagenéticos (estáveis em ambiente redutor) disponibilizando Fe e S, que em ambiente oxidante, resultaria na precipitação de óxidos/hidróxidos de Fe e formação de  $H_2SO_4$ , acidificando o meio, veio a confirmar-se com o conhecimento da paragénese mineral dos sedimentos.

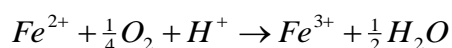
Estes ambientes sedimentares são ricos em Fe (fonte continental - litologias da bacia hidrográfica), S (fonte principal marinha - águas de galgamentos oceânicos e matéria orgânica). A presença de matéria orgânica é factor preponderante para a ocorrência de condições anóxicas, mesmo que temporárias, e alcançando-se determinadas condições podem formar-se sulfuretos. A pirite é o produto final de uma série de reacções que ocorrem em ambiente anóxico, em que na ausência de oxigénio as bactérias sulfato-redutoras são as promotoras da redução dos sulfatos marinhos formando-se gás sulfídrico ( $H_2S$ ). Esta forma reduzida de S pode então reagir com o ião ferroso ( $Fe^{2+}$  - forma de ferro reduzida) para formar pirite ( $FeS_2$  - pirite diagenética), que permanecerá estável se o ambiente se mantiver redutor. Nestas condições, a água sobrenadante aos sedimentos terá valores de pH que reflectirá, principalmente, a diferente contribuição (componente de mistura) das fontes hídricas ao sistema: precipitação, fluvial e marinha. A última apresenta, geralmente, pH mais elevado entre 7,5 - 8,4, enquanto nas primeiras pode variar entre 5,0 - 8,0 (CHESTER, 1993) - veja-se a posição destas águas no diagrama Eh-pH de LANGMUIR (1997) (**Figura VI.2-56**).

A ocorrência de uma perturbação no sistema, por exemplo uma descida acentuada da cota do plano do corpo aquoso com consequente exposição prolongada dos sedimentos a ambiente oxidante irá desencadear uma série de processos/reacções. Quando os sedimentos ficam expostos os sulfuretos (estáveis em ambiente redutor em variadas condições de pH - **Figura VI.2-68**) são oxidados pelo oxigénio ou por iões  $Fe^{3+}$  disponíveis nas águas superficiais do sistema, através das seguintes reacções (LANGMUIR, 1997):

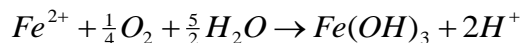


Deste modo, se o  $O_2$  é o agente oxidante, produzem-se 2 moles de  $H^+$  contrastando com a oxidação efectuada pelo  $Fe^{3+}$  que liberta 16 moles de  $H^+$  por cada mole de pirite; ambas as reacções promovem a acidificação do meio. A etapa seguinte consiste na oxidação do ião ferroso ( $Fe^{2+}$ ) em ião férrico ( $Fe^{3+}$ ) dependendo o produto final do pH do meio (**Figura VI.2-52**):

- Se o pH do meio é inferior a 3 a reacção de oxidação do  $Fe^{2+}$  é:



- Se o pH do meio for superior a 3 a reacção de oxidação do  $Fe^{2+}$  é:



Resumindo, pode dizer-se que a oxidação da pirite produz  $\text{Fe}^{3+}$  (permanecem em meio aquoso) ou hidróxido de ferro - Ferridrite -  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , com consequente acidificação do meio. No entanto, é importante referir que a  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pode não constituir a única fase mineralógica formada e que podem formar-se minerais como a goetite, lepidocrocite, hematite e maguenite (PUURA & NERETNIEKS, 2000). A progressiva acidificação do meio pode ser contrariada se existirem bases suficientemente fortes para inverter a acidez. Iões como o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  podem tamponizar a acidez do meio (PUURA & NERETNIEKS, 2000). A presença de bioclastos/minerais carbonatados ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) ou de águas “duras” ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) são exemplos de agentes capazes de minimizar a descida do pH do meio. No entanto, na sua ausência, o pH pode descer para valores muito baixos, inferiores a 3,5 (SMITH *et al.*, 2003). Parte da acidez pode igualmente ser removida pela precipitação de outras fases minerais secundárias como sulfatos: a melanterite ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), jarosite ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ) e alunite ( $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ) (PUURA & NERETNIEKS, 2000). O aparecimento de Jarosite, ocorre apenas em ambiente oxidante, quando o sistema já atingiu condições ácidas (**Figura VI.2-73**). Em sistemas límnicos (como os de turfeira), é característica a formação de siderite e vivianite, contrastando com o ambiente marinho onde se forma a pirite (BERNER, 1981, *in* DELLWIG *et al.*, 2001).

Pela observação do diagrama da **Figura VI.2-73** é perceptível que o ambiente da Lagoa da Sancha se modificou desde a década de oitenta até à actualidade, com as seguintes prováveis etapas:

**Fase A** (Final da década de oitenta) - Ambiente com hidrossoma de carácter ligeiramente ácido (mínimo pH = 6,0) a fracamente alcalino (máximo pH = 8,0) com sedimentos vasosos ricos em matéria orgânica (ausência de “crosta ferruginosa”) - formação de pirite diagenética nos sedimentos em ambiente redutor;

**Fase B** - Ambiente sujeito a evento de secagem extrema e prolongada (redução máxima ou ausência total do hidrossoma) com formação de fendas de retracção por exposição dos sedimentos - oxidação da pirite e acidificação do meio.

**Fase C** - Ambiente em condições francamente oxidantes (hidrossoma de reduzidas dimensões e espessura) - oxidação do  $\text{Fe}^{2+}$  e formação de óxidos/hidróxidos de Fe - FORMAÇÃO DA “CROSTA FERRUGINOSA” (confirmado pela presença de Goetite) com progressão da acidez do meio (ausência de bases fortes para compensar);

**Fase D** - Ambiente com extrema acidez com episódios importantes de evaporação (hidrossoma extremamente reduzido) que conduzem à formação de sulfatos como a Jarosite, a Alunite e a Anidrite, conduzindo a ligeira inversão da acidez da massa aquosa;

**Fase E** (Actualidade - 2001/2004) - Ambiente em condições oxidantes (hidrossoma com dimensões e espessura reduzidas), ainda hiperácido. Nestas condições estamos perante o campo de estabilidade da Goetite mas se ocorrer modificação do pH pode precipitar Ferrohídrite ou o Ferro passar a ião ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), se subir ou descer o pH, respectivamente. A verificarem-se oscilações no potencial de oxidação-redução, por exemplo se ocorrer um longo período de importante espessura de água e sem ventos fortes pode a diminuição deste potencial gerar condições para precipitação de pirite.

**Figura VI.2-73** - Diagrama Eh - pH as diferentes fases evolutivas propostas para o ambiente da Lagoa Sanchá entre 1988/1989 e 2001/2004.

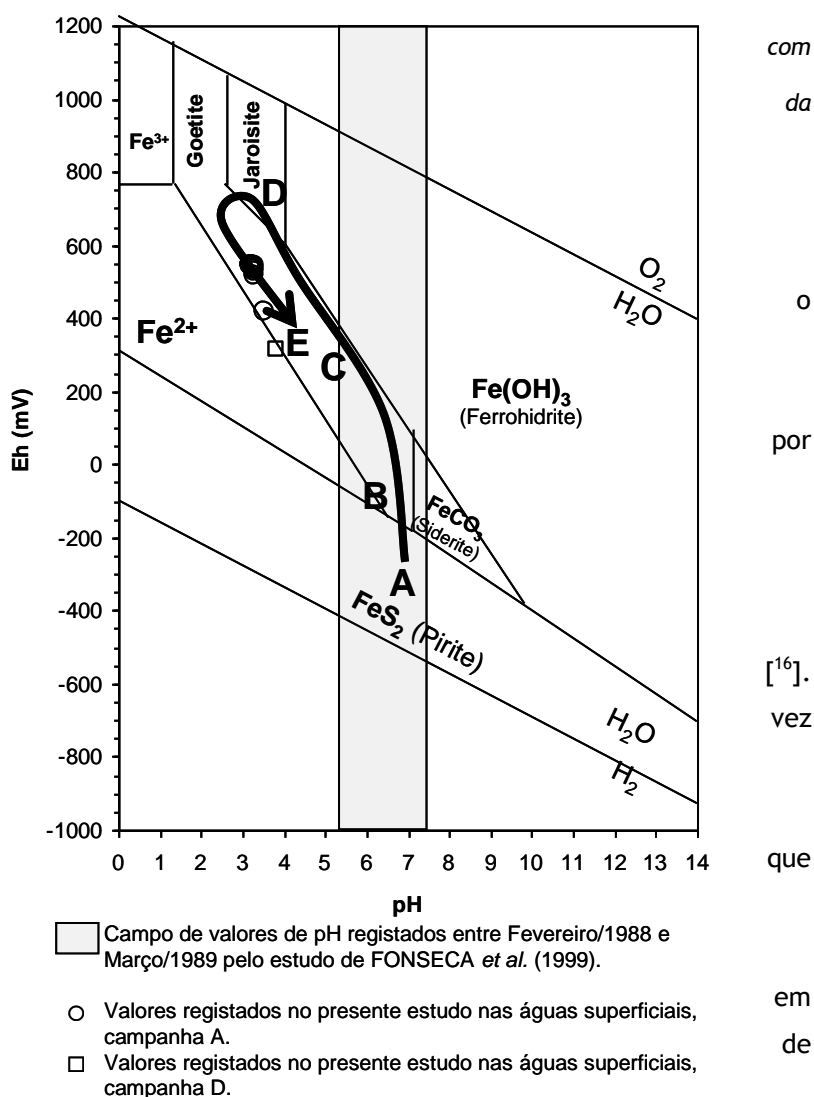
A sucessão de eventos descritos para a Lagoa da Sanchá apresenta grande semelhança com referido na literatura para os “Thionic Fluvisols” (Fluviosolos Tiónicos), também denominados “Acid Sulphate Soils” - Solos Sulfatados Ácidos (SSA). A diferença entre os “Thionic Fluvisols” e os “Fluvisols” é a presença de piritite nos primeiros. Estes solos foram pela primeira vez reconhecidos na Holanda por Linnaeus no séc. XVIII que os denominou de *argilla vitriolacea* significava “argila com ácido sulfúrico” (FANNING *et al.*, 2006). Actualmente, estão reconhecidos todo o mundo, ocupando uma área 12,5 milhões de hectares

(PARKPIAN *et al.*, 2003). PONS (1973, in FANNING *et al.*, 2006) define os “Acid Sulphate Soils” como solos onde a produção de ácido sulfúrico pode vir a ocorrer, pode estar a ocorrer ou pode já ter ocorrido. Deste modo, a definição inclui os Solos Sulfatados Ácidos Potenciais (SSAP), Actuais ou Activos (SSAA) e os Pós-Actuais (SSAPA) (FANNING *et al.*, 2006). Uma sequência sedimentar pode apresentar a secção superior afectada pelo ambiente oxidante e consequentemente acidificada (SSAA) sobrepondo-se a outra secção, ainda em ambiente redutor, com potencialidade para formar ácido sulfúrico (SSAP).

Segundo a FAO <sup>16</sup> podem referir-se características desfavoráveis para os SSAP e para os SSAA:

Solos Sulfatados Ácidos Potenciais (SSAP):

- Elevada salinidade - situados nas zonas costeiras, sofrem a influência da maré;
- Possibilidade de forte acidificação se drenados;
- Fraca acessibilidade, pois consistem em vasas pouco consolidadas;



<sup>16</sup> <http://www.fao.org/DOCREP/003/Y1899E/y1899e07.htm>

- Elevada permeabilidade, produzida pela penetração das raízes da vegetação palustre;
- Facilmente inundáveis em episódios de maré vivas, pois são zonas baixas;
- Podem constituir focos de problemas para obras de engenharia, a acidez (futura) pode danificar estruturas em aço ou betão.

Solos Sulfatados Ácidos Actuais (SSAA):

- Baixo pH - a maior parte das plantas não tolera ambientes com  $\text{pH} < 4$ , excepto se o fornecimento de nutrientes for equilibrado;
- Toxicidade do Al - pode ocorrer nestas condições;
- Elevada salinidade - sais provenientes de águas marinhas;
- Deficiência em P - com os elevados teores de Al podem precipitar fosfatos de Al insolúveis;
- Toxicidade do Fe - em solos inundados (ex: cultura de arroz) os compostos de  $\text{Fe}^{3+}$  insolúveis podem transformar-se em compostos de  $\text{Fe}^{2+}$  solúveis;
- Acidificação da água superficial - a oxidação de  $\text{Fe}^{2+}$  em  $\text{Fe}^{3+}$  produz acidez, causando prejuízos irreparáveis nas comunidades biológicas e nas estruturas antrópicas de aço ou betão, em pouco tempo;
- Deficiência em N - diminuição da taxa de mineralização da matéria orgânica pela actividade microbológica, principalmente em climas secos e frios;
- Toxicidade do  $\text{H}_2\text{S}$  - se os solos ficam inundados por períodos longos o sulfato pode reduzir-se para  $\text{H}_2\text{S}$  que é tóxico mesmo em baixas concentrações.

Perante o exposto, os sedimentos que podem originar SSA encontram-se nos ambientes de transição costeiros com influência da maré, como os estuários ou as lagunas, principalmente nas zonas de acumulação de sedimentos principalmente vasosos como as zonas de sapal ou de raso de maré. BUSH & SULLIVAN (1999) e WHITE *et al.* (1996) (*in* MACDONALD *et al.*, 2004) estimam que as regiões costeiras baixas (entre 0-10m acima do nível médio do mar) de todo o mundo contenham potencialmente cerca de  $25 \times 10^6 \text{ km}^2$  de materiais sulfídricos holocénicos depositados durante a transgressão holocénica.

Pode afirmar-se que são várias as condições necessárias para a geração de SSA:

1. Ambiente com presença de água marinha - fonte dos sulfatos;
2. Aporte de sedimentos fluviais - fonte terrígena rica em Fe;
3. Sedimentação rica em matéria orgânica;
4. Geração de condições anóxicas (mesmo que temporárias) para a formação de pirite diagenética;
5. Presença de bactérias sulfato-redutoras, para redução dos sulfatos marinhos;
6. Escassez ou ausência de bases - ex:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

A reunião destas condições é um fenómeno intemporal, pelo que existem SSA de várias idades, o que constitui aspecto importante (KEVIE, 1973):

Recentes - de menor espessura, podendo ser extremamente ácidos com valores de pH entre 2 e 3;

Holocénicos - depositados sob a influência da subida do nível médio do mar; são geralmente menos ácidos e mais espessos, particularmente nos climas com estação seca prenunciada. Podem apresentar manchas púrpuras/vermelhas juntamente com manchas amarelas da Jarosite;

Plistocénicos - apresentam consistência mais firme (mais consolidados), sem sedimentos redutores no subsolo.

Reunidas as condições 1 a 6, os materiais permanecerão estáveis até que a exposição dos sedimentos ocorra (oxidação dos sulfuretos e produção de ácido sulfúrico), como consequência de algum fenómeno natural ou artificial. Como exemplo do primeiro pode citar-se a descida do plano de água em anos de seca, enquanto como exemplos do segundo pode referir-se a drenagem artificial dos terrenos para agricultura/pastoreio/aquacultura, a dragagem/despejo de sedimentos em ambiente subaéreo, escavação para infraestruturas, estradas, canais, marinas, etc.

Na Lagoa da Sancha a exposição prolongada, a ambiente oxidante, das vasas orgânicas lagunares, ricas em Fe (origem nos materiais da bacia hidrográfica) e S (origem nas águas superficiais/subterrâneas e principalmente das águas marinhas por galgamento da barreira), elementos que em ambiente redutor (fundos lagunares anóxicos) se combinam para formar sulfuretos diagenéticos, foi a responsável pelas características atípicas actuais.

Esta exposição prolongada ocorreu posteriormente aos estudos de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999), decorridos entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989, pois na época não se registaram as condições hiperácidas actuais, nem a presença da “crosta ferruginosa” e antes de 21 de Junho de 2001, data da campanha A do presente estudo. Nesta data, o corpo hídrico era já hiperácido e a “crosta ferruginosa”, embora debaixo de água (profundidades máximas de 0,9 m), foi detectada na superfície dos sedimentos dragados nas 8 estações amostradas (mais espessa - 3mm - nas estações 1, 2 e 3).

Com o objectivo de restringir a época em que ocorreram as modificações ambientais, observaram-se os registos de precipitação mensal e anual da Estação Meteorológica de Monte Velho (posicionada entre a Lagoa de Santo André e a da Sancha - próximo do interdunar do Poço do Barbaroxa de Baixo), fotografias aéreas da Lagoa da Sancha (antes de 1988/89, entre esta data e o início do presente estudo - 2001 e pós 2001) e fotografias de particulares de diferentes épocas.

Pela observação da série da Precipitação Total Anual dos anos hidrológicos<sup>17</sup> desde 1968/69 (**Figura VI.2-74**), verifica-se que após 1989 o ano que registou menor precipitação foi o de 1994/95 com apenas 283mm, ao qual se seguiu o ano mais pluvioso desde o início dos registos (968mm), registando uma precipitação total anual cerca de 3,5 vezes superior ao ano anterior. De acordo com estas evidências a fraca precipitação registada em 1995, e principalmente o extenso período de seis meses (Maio a Outubro/1995) de ausência/fraca precipitação devem ter sido os responsáveis pelo evento prolongado de exposição dos sedimentos da Lagoa da Sancha. A análise das fotografias aéreas reforça esta evidência (**Figura VI.2-75**): na fotografia de 1996 é já evidente, embora incipiente, algumas zonas com coloração alaranjada, principalmente nos locais menos profundos nas margens vegetadas, enquanto nas fotografias de 1998 e 2002 já na zona central é incontestável a presença da “crosta ferruginosa”, denunciada pela coloração alaranjada (**Figura VI.2-76C/D**). Das fotografias da Lagoa da Sancha cedidas pelo Dr. Luís Cancela da Fonseca, a da 1ª quinzena de Dezembro de 1995 (**Figura VI.2-76B**) mostra os sedimentos

---

<sup>17</sup> Considera-se Ano Hidrológico o período de 12 meses compreendido desde Outubro de um ano (inicia a época de precipitação) até Setembro do ano seguinte.



expostos, com fendas de dessecação mas sem a crosta ferruginosa. Esta foto obtida 1 mês após o início da época de chuva, depois de 6 meses de “seca” sugere que a precipitação ocorrida em Novembro de 1995, embora elevada não fosse suficiente para a hidratação completa dos sedimentos vasosos, após o longo período de secagem. Deste modo, aponta-se o ano *Extremamente Seco*<sup>18</sup> de 1995 (metade do valor da precipitação média - 571 mm - da série de 36 anos hidrológicos entre 1968/69 e 2003/04) (*Figura VI.2-74*) como responsável da longa exposição dos sedimentos, que permitiu a oxidação dos sulfuretos, disponibilizando, principalmente, sulfatos, ferro e hidrogeniões. Estes iões após as primeiras chuvadas, conduziram progressivamente à acidificação do meio ( $H_2SO_4$ ) e precipitação de óxidos/hidróxidos de Fe, que cobriram os sedimentos superficiais (*Figura VI.2-76D*) e os caules da vegetação circundante (*Figura VI.2-76C*), situação que se mantém até ao presente (*Figura VI.2-76E/F*).

Para além destas duas características invulgares da Lagoa da Sancha, quando comparada com os outros três interdunares, pode citar-se uma outra: a presença abundante e quase que exclusiva de um tipo de vegetação - a *Phragmites australis*. Esta espécie é extremamente tolerante a condições salinas e ácidas e juntamente com outras como a *Melaleuca* sp. e a *Casuarina glauca* constituem espécies de vegetação que podem ser usadas para identificar áreas com potencial para geração de SSA<sup>19</sup>. FANNING *et al.* (2006) referem o sucesso das *Phragmites australis* que invadem naturalmente os SSAA resultantes da exposição de materiais dragados, funcionando como monocultura, defendendo, estes autores, inclusive a utilização destas plantas em zonas afectadas por este processo natural de acidificação.

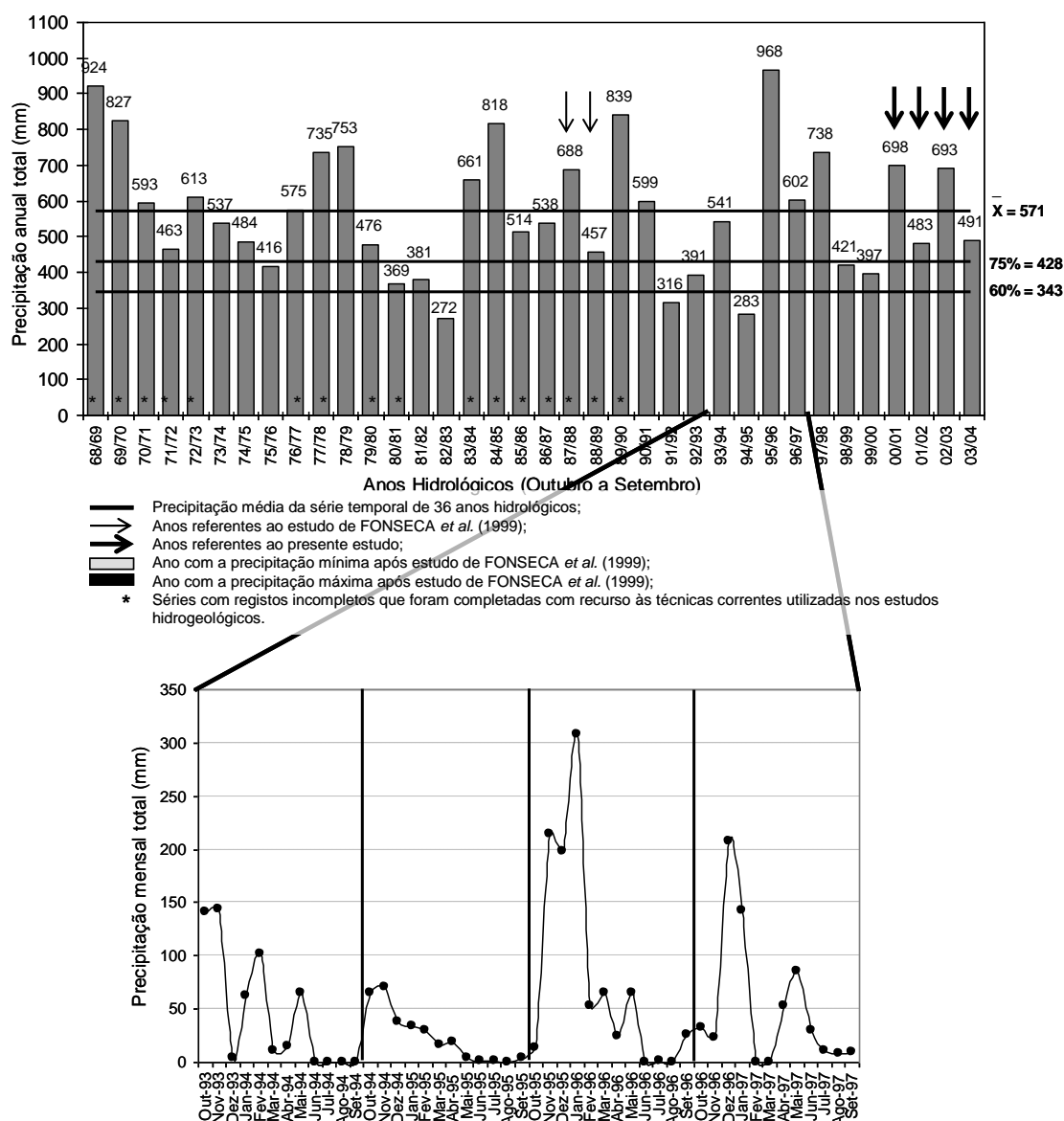
O processo de oxidação dos sulfuretos e o papel desempenhado por este na geração de SSA é referido em numerosa bibliografia internacional, principalmente em regiões costeiras da Austrália (POWELL & MARTENS, 2005; PREDA & COX, 2001; SMITH *et al.*, 2003), da Alemanha (DELLWING *et al.*, 2001), da Holanda (PONDS, 1973, *in* FANNING *et al.*, 2006) e dos Estados Unidos (FANNING *et al.*, 2006). Mais bibliografia do tema pode ser encontrada nos “Preceedings” dos vários Simpósios Internacionais sobre SSA (1972, 1981, 1986, 1992) que enfatizam principalmente o desenvolvimento de SSA em regiões costeiras mas que contêm igualmente artigos pertinentes sobre este tipo de processos em outros ambientes (FANNING *et al.*, 2006). A oxidação de sulfuretos maciços constitui um dos exemplos em contexto geológico distinto (BLOWES *et al.*, 2004; JOECKEL *et al.*, 2005) do presente estudo mas com consequências análogas.

---

<sup>18</sup> Ano Extremamente Seco - considera-se *Ano Extremamente Seco* aquele em que as precipitações são inferiores a 60% da média da série de anos hidrológicos da estação considerada (BATES, 1954 *in* SILVA, 1984).

Ano Seco - considera-se *Ano Seco* aquele em que as precipitações são inferiores a 75% da média da série de anos hidrológicos da estação considerada (BATES, 1954 *in* SILVA, 1984).

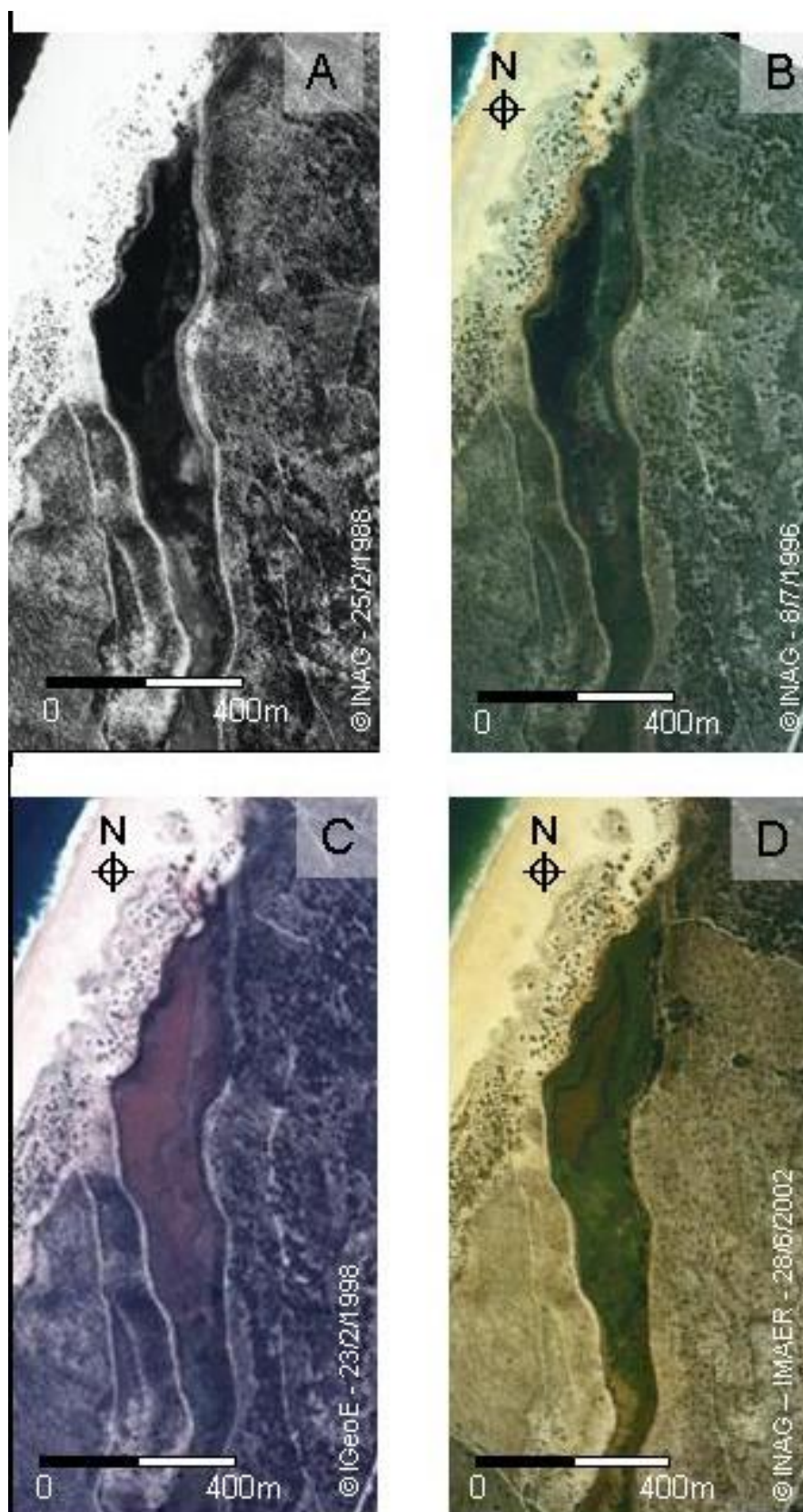
<sup>19</sup> [http://www.nrm.qld.gov.au/land/ass/what are ass/field/vegetation.html](http://www.nrm.qld.gov.au/land/ass/what%20are%20ass/field/vegetation.html). Consultado em 7/2/2005.



**Figura VI.2-74** - Precipitação anual dos anos hidrológicos desde 1968, da Estação Meteorológica de Monte Velho. Note-se que alguns anos tinham registos incompletos (\*) pelo que as séries foram completadas e corrigidas de acordo com a metodologia corrente nos estudos hidrogeológicos.

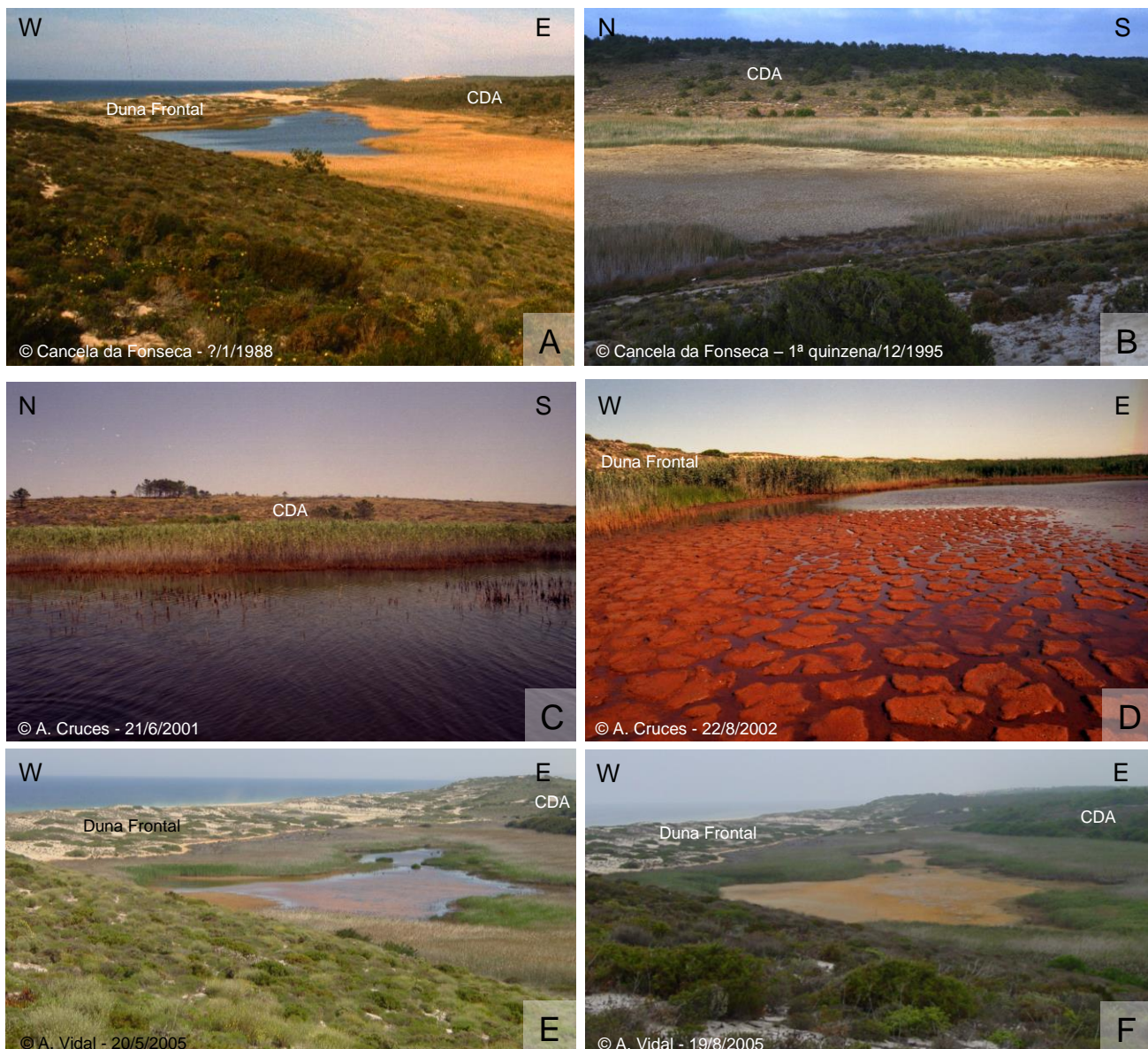
A pesquisa bibliográfica o mais exaustiva possível não devolveu até ao presente qualquer referência a fenómenos idênticos descritos no nosso país em contexto geológico análogo ao ambiente da Sancha (ambientes de transição), embora existam referências aos fenómenos de drenagem ácida mineira, resultantes dos processos de oxidação de sulfuretos maciços, nomeadamente na região das antigas Minas de S. Domingos (BAPTISTA *et al.*, 2003; MATOS *et al.*, 2003; QUENTAL *et al.*, 2003).

Pelo exposto, pretende-se caracterizar o melhor possível este ambiente interdunar tão peculiar, pelo que o conhecimento geoquímico dos sedimentos constitui mais uma ferramenta útil na compreensão do fenómeno verificado na Lagoa da Sancha.



**Figura VI.2-75** - Fotografias aéreas da Lagoa da Sancha no período dos estudos efectuados em 1998/89 por CANCELA DA FONSECA et al. (1999) (A - 1988); após esse período e antes ao presente estudo (B - 1996, C - 1998); durante o presente estudo (D - 2002). Note-se a presença irrefutável da coloração avermelhada da “crosta ferruginosa” que cobre actualmente os sedimentos superficiais deste ambiente, em 1998 e 2002.





**Figura VI.2-76** - Fotografias da Lagoa da Sancha em diferentes épocas, antes e pós desenvolvimento da “crosta ferruginosa”: A - B - cedidas pelo Dr. Luís Cancela da Fonseca; repare-se que os sedimentos expostos não apresentam fendas de dessecação muito desenvolvidas e não está presente a “crosta ferruginosa”; C - da autora tirada durante a execução da campanha A; note-se o tom alaranjado dos caules da vegetação próximos do contacto com o plano de água. Embora com um hidrossoma com espessura máxima de 0,90 m, a “crosta ferruginosa” já estava presente no fundo lagunar; D - da autora tirada durante a execução da campanha B, período em que a profundidade máxima não excedia 15 cm, deixando uma parte dos sedimentos expostos; E - cedida pela Directora da Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha; nesta época regista-se um “quadro” idêntico ao da fotografia de 22/8/2002, com parte dos sedimentos da zona W exposta.

## ▪ Análise Geoquímica

O estudo da variação geoquímica dos sedimentos superficiais da Lagoa da Sancha, permite referir a afinidade entre diferentes elementos maiores, menores e vestigiais (incluindo os metais pesados). Os resultados da matriz de correlação (*Tabela VI.2-20*) e da Análise Factorial (*Tabela VI.2-21*, *Figura VI.2-78*) revelam fortes afinidades entre a fracção inferior a  $2\mu\text{m}$  e os elementos Cr, Mn e Fe, com factores de correlação de 0,88, 0,80 e 0,87, respectivamente. Por sua vez, o Cr e o Mn apresentam correlações positivas extremamente elevadas com o Fe (0,98 e 0,93, respectivamente). Em oposição, o Fe revela fortes correlações negativas (entre -0,70 e -0,99) com: fracção  $>63\mu\text{m}$ , Si, K, Ca, Ni, Br, Rb, Sr, Zr e Nb. Deste modo, a análise factorial indica a existência de diferentes domínios geoquímicos na Lagoa da Sancha: uma zona em que predominam sedimentos “finos” ricos em Fe, Mn e Cr e outra zona onde estes elementos são menos abundantes, em benefício do Si, K, Ca, Ni, Br, Rb, Sr, Zr e Nb. A observação da distribuição espacial da geoquímica elementar indica que a primeira zona se posiciona na região SW (estações 1 e 3 - *Figura VI.2-77*).

A análise sedimentológica aponta para sedimentos essencialmente minerogénicos, ricos em matéria orgânica mas pobres em componente biológica inorgânica. Deste modo, a geoquímica elementar relaciona-se, principalmente com a componente geológica do sedimento, que de acordo com a análise da difratometria de RX (*Figura VI.2-66*) efectuada nos sedimentos da Estação 1, revela o predomínio do Quartzo (Si), da Goetite (Fe), da Jarosite (K, Fe), da Alunite (Fe, Al), da Anidrite (Ca, Sr), dos Feldspatos (K, Rb) e dos filossilicatos do tipo Moscovites e Ilites (K, Rb) e Caulinites (K). A maior afinidade do K e do Rb com o Si e o Al (correlações positivas elevadas), em detrimento do S (correlações negativas), sugere que a distribuição do K e do Rb deve estar fortemente condicionada pela distribuição dos filossilicatos como as moscovites e ilites e menos pela Jarosite (sulfato de K e Fe). O S, por sua vez, só apresenta correlação elevada com a MO (0,66) e com os siltes (0,53), indicando a afinidade do S com a componente orgânica do sedimento, principalmente com a mais grosseira (siltes orgânicos).

O Ca (afinidade geoquímica com o Sr, factor de correlação de 0,85) é outro elemento relacionado com a MO (0,66) e a sua correlação positiva (embora baixa) com a fracção  $>63\mu\text{m}$  (0,33) e com o S (0,49), indicam a ligação entre o Ca+Sr com o S sob a forma de Anidrite que se deve encontrar preferencialmente nos sedimentos mais grosseiros, daí a correlação elevada do Ca e do Sr com alguns elementos terrígenos (Si, K, Rb) e Y, Zr, Nb, abundantes na mesma fracção.

A forte afinidade do Mn e do Cr com o Fe sugere a coprecipitação de óxidos/hidróxidos do primeiro juntamente com os óxidos/hidróxidos de Fe, enquanto a afinidade química entre o  $\text{Cr}^{3+}$  e o  $\text{Fe}^{3+}$  favorece a substituição isomórfica, pelo que os minerais de Fe neoformados devem incorporar na estrutura também  $\text{Cr}^{3+}$ .

Embora a difractometria da “fracção total - não orientada” efectuada na amostra LS1DA não favoreça a detecção de alguns minerais de argila, a elevada correlação verificada principalmente entre Al - Mg (0,96) e Al - K (0,84), sugere a existência de filossilicatos magnesianos como as esmectites e as clorites. A estes elementos adicionam-se o Ti, o Cu e o Zn com fortes afinidades geoquímicas com o  $\text{Mg}^{2+}$ .

A conhecida afinidade entre Ti, Nb e Zr, justificam a correlação destes dois últimos com o Mg de 0,76 e 0,72, respectivamente.

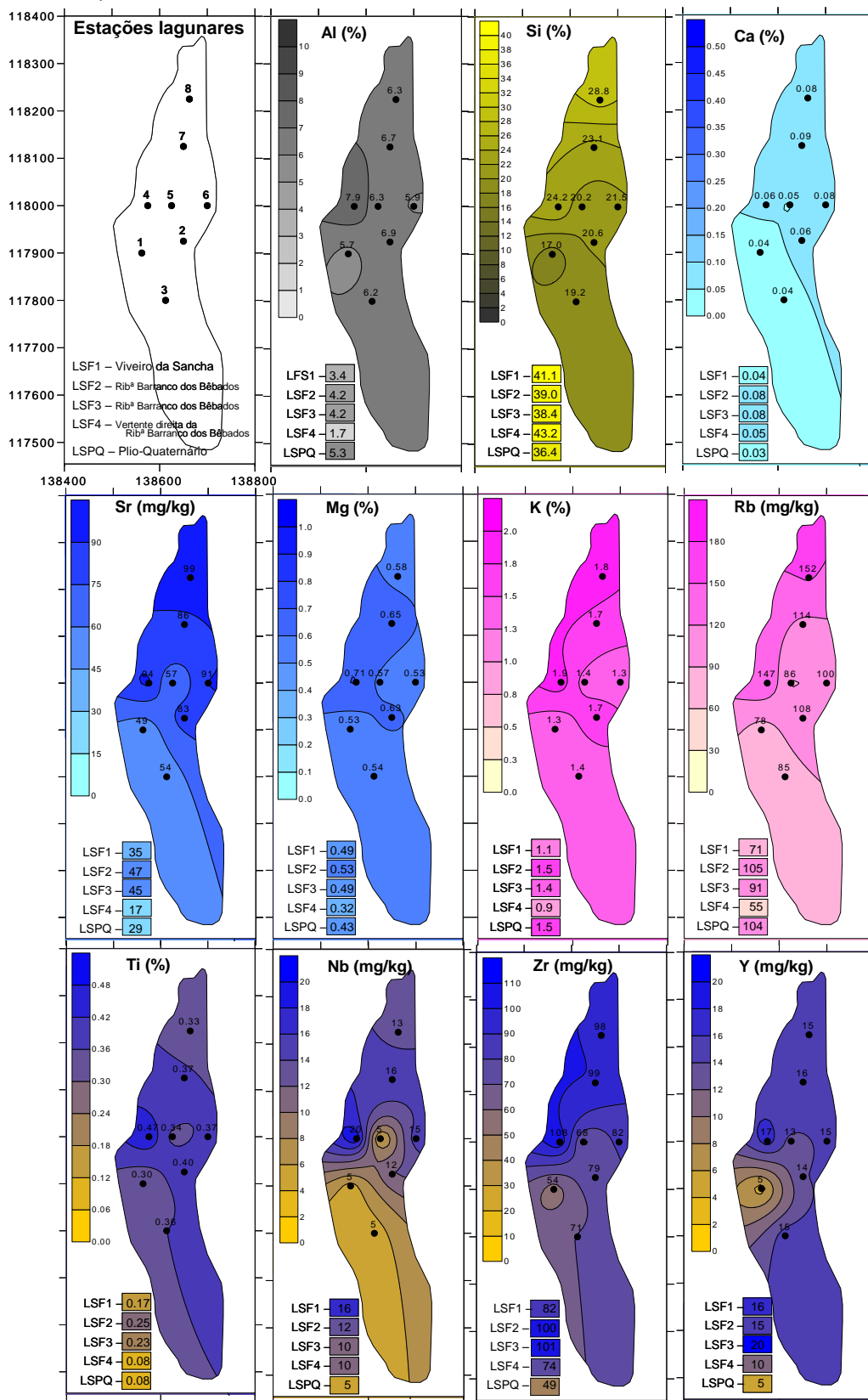
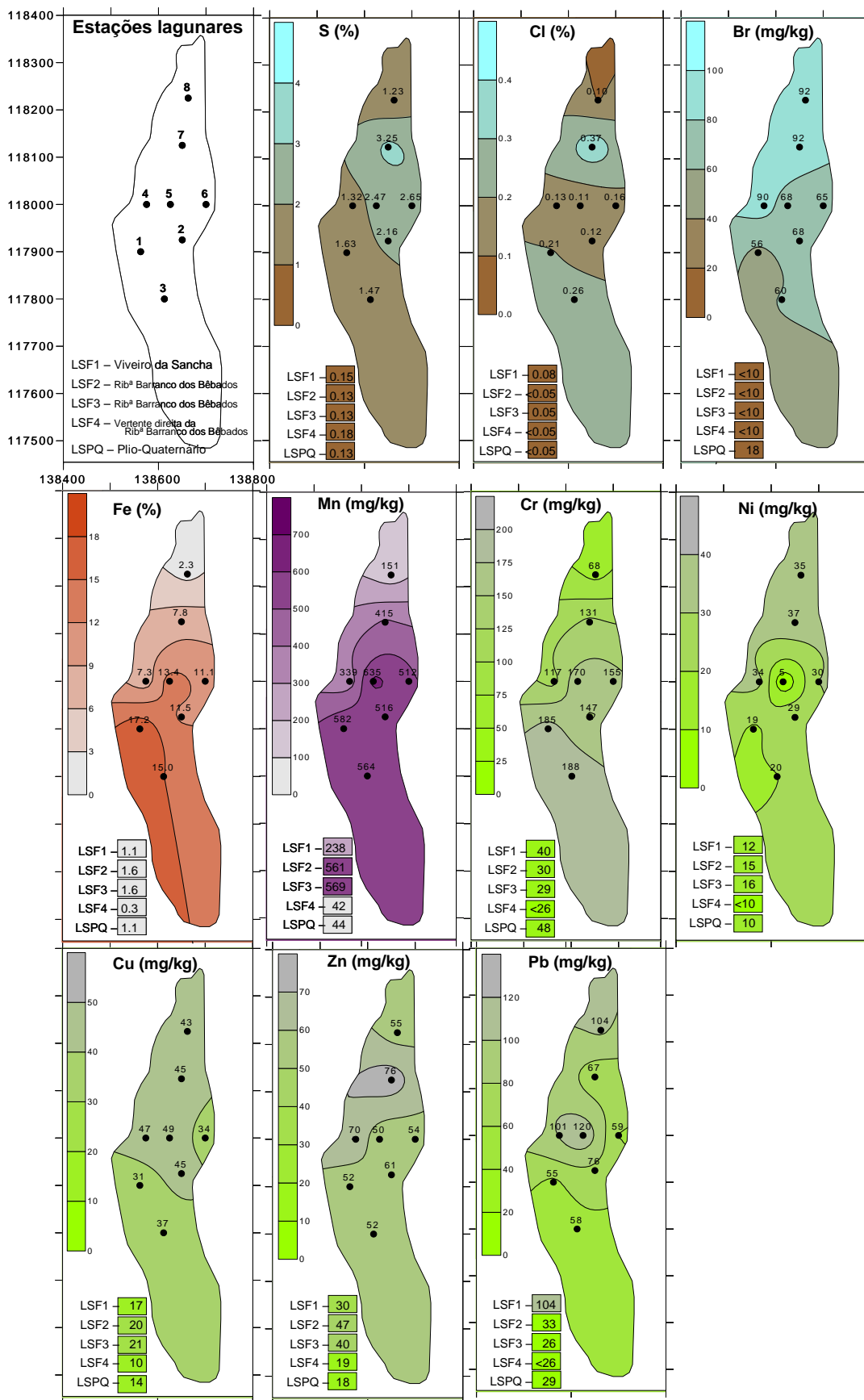


Figura VI.2-77 - Distribuição espacial da composição química dos sedimentos superficiais (lagunares e fluviais) da Lagoa da Sancha.



**Figura VI.2-77 (continuação) - Distribuição espacial da composição química dos sedimentos superficiais (lagunares e fluviais) da Lagoa da Sancha.**



Dos elementos normalmente utilizados como indicadores de salinidade (S, Cl e Br) o S revela afinidade com a MO (0,66) e com os siltes (0,53), sugerindo a MO como fonte principal de S, embora a contribuição marinha de sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) não deva ser negligenciada (**ver VI.2.4.1.1**). Após a mineralização da MO o S fica disponível e em ambiente redutor na presença de Fe (origem principal continental), pode conduzir à formação de pirite diagenética. O Cl não revela fortes afinidades com qualquer elemento embora se relacione com a abundância de argilas (0,49) e de S (0,47). Pelo contrário, o Br apresenta forte afinidades com vários elementos (Mg, Si, K, Zn, Zr, Nb) cuja variação espacial é principalmente controlada pelo efeito textural, sugerindo um comportamento análogo do Br. No entanto, o aumento do teor deste elemento para N, no sentido da zona de maior influência dos galgamentos oceânicos, indicia um forte constrangimento na distribuição do Br, concentrando-se mais próximo da fonte, não “sentindo” este elemento o efeito textural.

A verificação das afinidades entre os vários elementos e entre estes e as características sedimentológicas, permite estabelecer comentários à variação geoquímica espacial dos sedimentos superficiais da Sancha.

A variação geoquímica dos teores de elementos maiores, menores e vestigiais (incluindo os metais pesados) (**Figura VI.2-77**) reflecte, principalmente, a variação de três factores: a textura, a proximidade à zona de galgamento e o “grau de exposição”. Os primeiros induzem um gradiente longitudinal, enquanto o último cria uma variação transversal, como consequência do aumento da exposição da zona SW do fundo a ambiente oxidante, em épocas de redução ou secagem da coluna de água.

A concentração de elementos como o Si, K-Rb, Zr-Y-Ti-Nb aumenta para a região vestibular da lagoa, próximo da influência dos galgamentos oceânicos, sugerindo a incorporação de componente grosseira formada por minerais como o quartzo, feldspatos, micas (moscovites, biotites, ilite) e zircão provenientes dos sedimentos arenosos da praia e da duna (CRUCES *et al.*, 2005b e FERREIRA *et al.*, 2005). Para além da componente detrítica, os galgamentos contribuem para a entrada de elementos marinhos em solução - S, Cl, Br.

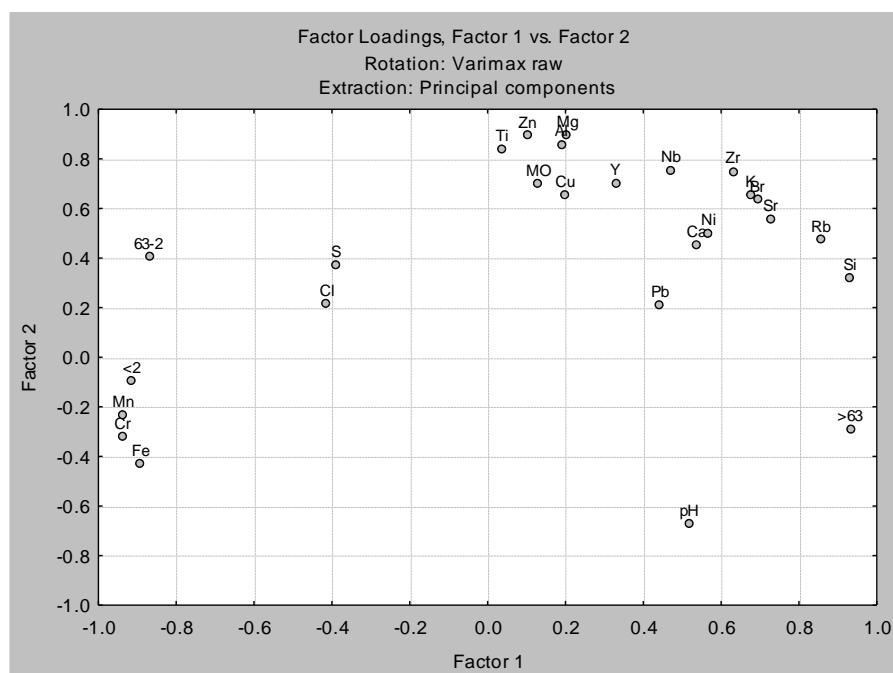
Os teores de Si e Al, característicos de sedimentos vasosos, são excepcionalmente mais baixos nas estações 1 e 3, principalmente como consequência do enriquecimento extraordinário em Fe que atinge concentrações atípicas de 17,2%, invulgares em sedimentos lagunares. Aí, na região SW, sazonalmente exposta, ocorre a fixação do ferro em óxidos e hidróxidos, traduzida pela precipitação e espessamento de uma crosta ferruginosa nos sedimentos superficiais (**Figura VI.2-71D**). O Mn e o Cr têm comportamento semelhante ao Fe, ocorrendo os valores de concentração mais altos para montante, indicando a sua fixação preferencial em associação com os óxidos e hidróxidos anteriormente referidos.

Tabela VI.2-20 - Parâmetros de correlação dos componentes texturais e composicionais.

	pH	MO	>63	63-2	<2	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Pb	
pH	1	-0,31	0,57	-0,61	-0,36	-0,57	-0,57	0,24	-0,34	-0,31	-0,18	0,18	-0,52	-0,27	-0,36	-0,17	0,19	-0,66	-0,48	-0,11	0,13	0,17	-0,41	-0,14	-0,03	-0,19	
MO	-0,31	1	-0,09	0,23	-0,30	0,52	0,42	0,39	<b>0,66</b>	-0,03	0,37	<b>0,66</b>	0,41	-0,38	-0,16	-0,47	0,25	<b>0,61</b>	0,56	0,56	0,35	0,57	0,49	0,57	<b>0,62</b>	0,44	
>63	0,57	-0,09	1	<b>-0,38</b>	<b>-0,84</b>	-0,05	-0,07	<b>0,79</b>	-0,45	-0,40	0,47	0,33	-0,27	<b>-0,79</b>	<b>-0,80</b>	<b>-0,72</b>	0,31	0,12	-0,16	0,50	<b>0,65</b>	0,45	0,19	0,36	0,12	0,44	
63-2	-0,61	0,23	<b>-0,38</b>	1	<b>0,72</b>	0,14	0,15	<b>-0,70</b>	0,53	0,34	-0,37	-0,19	0,38	<b>0,70</b>	<b>0,74</b>	0,61	-0,22	-0,02	0,23	-0,42	-0,55	-0,30	0,01	-0,24	0,01	-0,38	
<2	-0,36	-0,30	<b>-0,84</b>	<b>0,72</b>	1	-0,20	-0,19	<b>-0,30</b>	0,16	0,49	<b>-0,65</b>	<b>-0,65</b>	-0,10	<b>0,88</b>	<b>0,80</b>	<b>0,87</b>	-0,49	-0,36	-0,07	<b>-0,63</b>	<b>-0,77</b>	<b>-0,77</b>	-0,48	<b>-0,61</b>	-0,46	-0,50	
Mg	-0,57	0,52	-0,05	0,14	-0,20	1	<b>0,36</b>	0,43	0,02	0,01	<b>0,84</b>	0,27	<b>0,81</b>	-0,50	-0,43	-0,53	0,51	<b>0,71</b>	<b>0,86</b>	<b>0,73</b>	<b>0,66</b>	0,55	0,55	<b>0,76</b>	<b>0,72</b>	0,39	
Al	-0,57	0,42	-0,07	0,15	-0,19	<b>0,36</b>	1	0,41	-0,13	-0,11	<b>0,81</b>	0,17	<b>0,31</b>	-0,44	-0,40	-0,48	0,44	<b>0,69</b>	<b>0,74</b>	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	0,53	<b>0,64</b>	<b>0,75</b>	<b>0,69</b>	0,42	
Si	0,24	0,39	<b>0,79</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,30</b>	0,43	0,41	1	-0,18	-0,26	<b>0,80</b>	<b>0,68</b>	0,26	<b>-0,37</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,64</b>	0,43	0,36	<b>0,88</b>	<b>0,93</b>	<b>0,84</b>	<b>0,60</b>	<b>0,84</b>	<b>0,64</b>	0,52	
S	-0,34	<b>0,66</b>	-0,45	0,53	0,16	0,02	-0,13	-0,18	1	0,47	-0,21	0,49	-0,06	0,20	0,36	0,09	0,01	0,17	0,33	0,02	-0,32	0,06	0,11	0,01	0,12	-0,19	
Cl	-0,31	-0,03	-0,40	0,34	0,49	0,01	-0,11	-0,26	0,47	1	-0,18	0,13	-0,13	0,29	0,18	0,20	0,20	-0,21	0,44	0,03	-0,31	-0,21	-0,01	0,00	-0,04	<b>-0,62</b>	
K	-0,18	0,37	0,47	-0,37	<b>-0,65</b>	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>	<b>0,80</b>	-0,21	-0,18	1	0,48	<b>0,62</b>	<b>-0,85</b>	<b>-0,81</b>	<b>-0,85</b>	<b>0,70</b>	<b>0,63</b>	<b>0,69</b>	<b>0,88</b>	<b>0,93</b>	<b>0,78</b>	<b>0,61</b>	<b>0,89</b>	<b>0,74</b>	0,47	
Ca	0,18	<b>0,66</b>	0,33	-0,19	<b>-0,65</b>	0,27	0,17	<b>0,68</b>	0,49	0,13	0,48	1	0,20	<b>-0,66</b>	-0,58	<b>-0,74</b>	<b>0,74</b>	0,19	0,51	<b>0,65</b>	0,55	<b>0,85</b>	0,54	<b>0,70</b>	<b>0,73</b>	0,02	
Ti	-0,52	0,41	-0,27	0,38	-0,10	<b>0,81</b>	<b>0,31</b>	0,26	-0,06	-0,13	0,62	0,20	1	-0,26	-0,23	-0,33	0,44	0,48	<b>0,64</b>	0,42	0,51	0,53	<b>0,70</b>	<b>0,66</b>	0,73	0,20	
Cr	-0,27	-0,38	<b>-0,79</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>	-0,50	-0,44	<b>-0,97</b>	0,20	0,29	<b>-0,85</b>	<b>-0,66</b>	-0,26	1	<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,69</b>	-0,42	-0,42	<b>-0,88</b>	<b>-0,95</b>	<b>-0,85</b>	-0,47	<b>-0,82</b>	<b>-0,67</b>	-0,50	
Mn	-0,36	-0,16	<b>-0,80</b>	<b>0,74</b>	<b>0,80</b>	-0,43	-0,40	<b>-0,94</b>	0,36	0,18	<b>-0,81</b>	-0,58	-0,23	<b>0,36</b>	1	<b>0,33</b>	<b>-0,75</b>	-0,23	-0,40	<b>-0,84</b>	<b>-0,94</b>	<b>-0,79</b>	-0,42	<b>-0,80</b>	<b>-0,64</b>	-0,33	
Fe	-0,17	-0,47	<b>-0,72</b>	0,61	<b>0,87</b>	-0,53	-0,48	<b>-0,99</b>	0,09	0,20	<b>-0,85</b>	<b>-0,74</b>	-0,33	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	1	<b>-0,72</b>	-0,47	-0,49	<b>-0,92</b>	<b>-0,94</b>	<b>-0,89</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,89</b>	<b>-0,73</b>	-0,48	
Ni	0,19	0,25	0,31	-0,22	-0,49	0,51	0,44	<b>0,64</b>	0,01	0,20	<b>0,70</b>	<b>0,74</b>	0,44	<b>-0,69</b>	<b>-0,75</b>	<b>-0,72</b>	1	0,01	<b>0,69</b>	<b>0,67</b>	<b>0,73</b>	<b>0,84</b>	0,45	<b>0,79</b>	<b>0,84</b>	-0,21	
Cu	<b>-0,66</b>	<b>0,61</b>	0,12	-0,02	-0,36	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>	0,43	0,17	-0,21	<b>0,63</b>	0,19	0,48	-0,42	-0,23	-0,47	0,01	1	0,45	<b>0,61</b>	0,45	0,32	0,59	0,52	0,29	<b>0,79</b>	
Zn	-0,48	0,56	-0,16	0,23	-0,07	<b>0,86</b>	<b>0,74</b>	0,36	0,33	0,44	<b>0,69</b>	0,51	<b>0,64</b>	-0,42	-0,40	-0,49	<b>0,69</b>	0,45	1	0,72	0,52	0,56	0,48	<b>0,75</b>	<b>0,76</b>	0,01	
Br	-0,11	0,56	0,50	-0,42	<b>-0,63</b>	<b>0,73</b>	<b>0,64</b>	<b>0,88</b>	0,02	0,03	<b>0,88</b>	<b>0,65</b>	0,42	<b>-0,88</b>	<b>-0,84</b>	<b>-0,92</b>	<b>0,67</b>	<b>0,61</b>	0,72	1	<b>0,88</b>	<b>0,78</b>	<b>0,61</b>	<b>0,93</b>	<b>0,74</b>	0,49	
Rb	0,13	0,35	<b>0,65</b>	-0,55	<b>-0,77</b>	<b>0,66</b>	<b>0,66</b>	<b>0,93</b>	-0,32	-0,31	<b>0,93</b>	0,55	0,51	<b>-0,95</b>	<b>-0,94</b>	<b>-0,94</b>	<b>0,73</b>	0,45	0,52	<b>0,88</b>	1	<b>0,86</b>	0,58	<b>0,90</b>	<b>0,78</b>	0,48	
Sr	0,17	0,57	0,45	-0,30	<b>-0,77</b>	0,55	0,53	<b>0,84</b>	0,06	-0,21	<b>0,78</b>	<b>0,85</b>	0,53	<b>-0,85</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,83</b>	<b>0,84</b>	0,32	0,56	<b>0,78</b>	<b>0,86</b>	1	<b>0,64</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	0,24	
Y	-0,41	0,49	0,13	0,01	-0,48	0,55	0,64	<b>0,60</b>	0,11	-0,01	<b>0,61</b>	0,54	<b>0,70</b>	-0,47	-0,42	<b>-0,62</b>	0,45	0,59	0,48	<b>0,61</b>	0,58	<b>0,64</b>	1	<b>0,78</b>	<b>0,62</b>	0,39	
Zr	-0,14	0,57	0,36	-0,24	<b>-0,61</b>	<b>0,76</b>	<b>0,75</b>	<b>0,84</b>	0,01	0,00	<b>0,89</b>	<b>0,70</b>	<b>0,66</b>	<b>-0,82</b>	<b>-0,80</b>	<b>-0,89</b>	<b>0,79</b>	0,52	<b>0,75</b>	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>	<b>0,89</b>	<b>0,78</b>	1	<b>0,90</b>	0,35	
Nb	-0,03	<b>0,62</b>	0,12	0,01	-0,46	<b>0,72</b>	<b>0,69</b>	<b>0,64</b>	0,12	-0,04	<b>0,74</b>	<b>0,73</b>	<b>0,73</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,73</b>	<b>0,84</b>	0,29	<b>0,76</b>	<b>0,74</b>	<b>0,78</b>	<b>0,91</b>	0,62	<b>0,90</b>	1	0,12	
Pb	-0,19	0,44	0,44	-0,38	-0,50	0,39	0,42	0,52	-0,19	<b>-0,62</b>	0,47	0,02	0,20	-0,50	-0,33	-0,48	-0,21	<b>0,79</b>	0,01	0,49	0,48	0,24	0,33	0,35	0,12	1	
correlações positivas com valores superiores a 0,70.																											
correlações positivas com valores entre 0,60 e 0,70.																											
<b>-0,66</b> só a negrito - correlações negativas elevadas (entre -0,60 e -1,00).																											

**Tabela VI.2-21** - Valores do Factor1 e do Factor2 para as diferentes variáveis consideradas na Análise Factorial.

	Factor 1	Factor 2
pH	0.52	-0.67
MO	0.13	0.70
>63	<b>0.93</b>	-0.29
63-2	<b>-0.87</b>	0.40
<2	<b>-0.91</b>	-0.10
Mg	0.20	<b>0.89</b>
Al	0.19	<b>0.86</b>
Si	<b>0.93</b>	0.32
S	-0.39	0.37
Cl	-0.41	0.22
K	0.68	0.65
Ca	0.54	0.45
Ti	0.04	<b>0.84</b>
Cr	<b>-0.94</b>	-0.32
Mn	<b>-0.94</b>	-0.23
Fe	<b>-0.89</b>	-0.43
Ni	0.57	0.50
Cu	0.20	0.65
Zn	0.10	<b>0.89</b>
Br	0.69	0.64
Rb	<b>0.86</b>	0.47
Sr	<b>0.73</b>	0.56
Y	0.33	<b>0.70</b>
Zr	0.63	<b>0.75</b>
Nb	0.47	<b>0.75</b>
Pb	0.44	0.21
Expl.Var	10.35	8.78
Prp.Totl	0.40	0.34

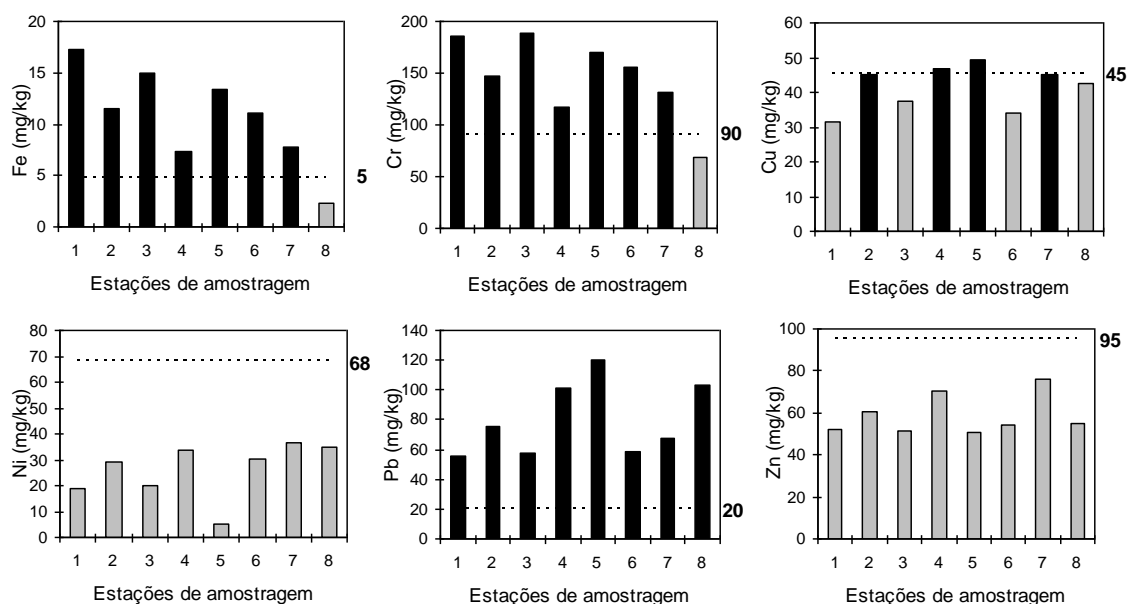


**Figura VI.2-78** - Gráfico Factor1 versus Factor2 da Análise Factorial considerando 26 variáveis (sedimentologia e geoquímica).

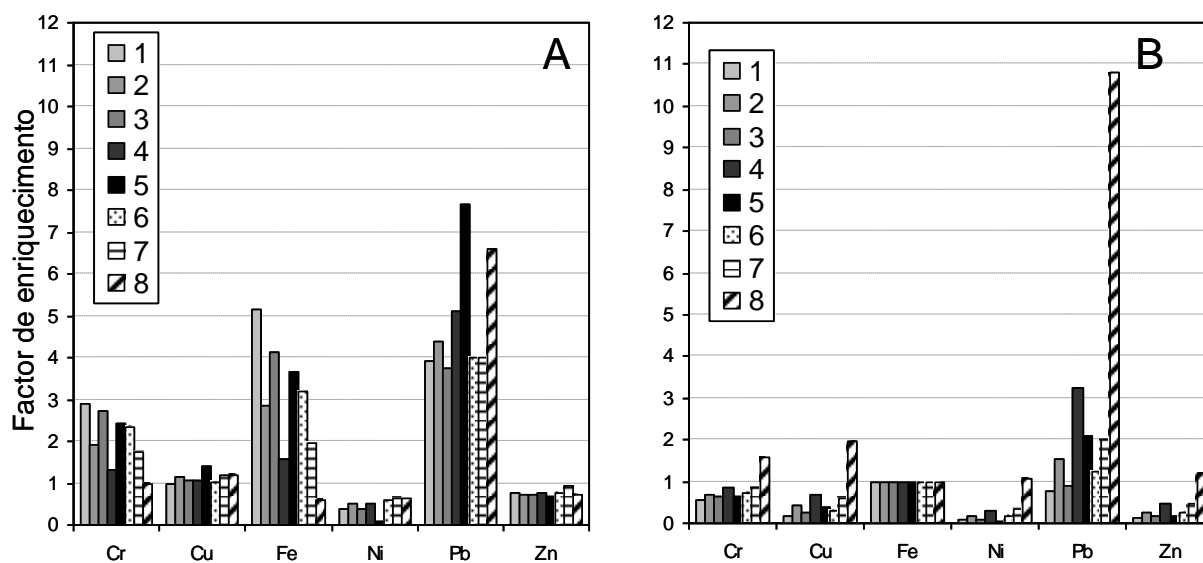
Os sedimentos empobrecidos em Ca (< 0,1%), têm valores relativamente baixos de Sr (<100 ppm), indiciando, como seria de esperar num ambiente ácido, lixiviação eficiente da componente bioclástica, eventualmente injectada da praia.

Uma das formas de averiguar se existe enriquecimento (“contaminação”) dos sedimentos relativamente ao teor de metais pesados é comparando os teores obtidos com os de materiais de referência considerados sem contaminação, escolhendo-se de entre os disponíveis um equivalente textural. Neste caso optou-se por fazer a comparação com o Average Shale (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) (**Figura VI.2-79**) com teores de Si e Al próximos dos sedimentos da Sancha. Estes sedimentos revelam-se muito enriquecidos em Cr, Fe e Pb, com Factores de Enriquecimento - FE (relativos ao Average Shale e normalizados com o Al) que podem atingir valores máximos próximos de 3, 5 e 8, respectivamente (**Figura VI.2-80A**). No entanto, uma vez que o elemento Fe e os factores físico-químicos inerentes ao seu aparecimento e enriquecimento parecem ser dos principais responsáveis pela distribuição dos elementos químicos neste ambiente, procedeu-se ao cálculo dos FE relativamente ao mesmo material de referência mas normalizando com o Fe (**Figura VI.2-80B**). Desta forma, serão salientados os elementos cujo enriquecimento não se relacionará com a precipitação de óxidos/hidróxidos de Fe. O Cu e o Pb sobressaem por apresentarem FE que podem atingir valores máximos próximos de 2 e 11,

respectivamente. Este comportamento sugere uma fonte e processos de enriquecimento destes dois elementos díspares dos associados ao Fe (ao qual se associa o Cr e o Mn).



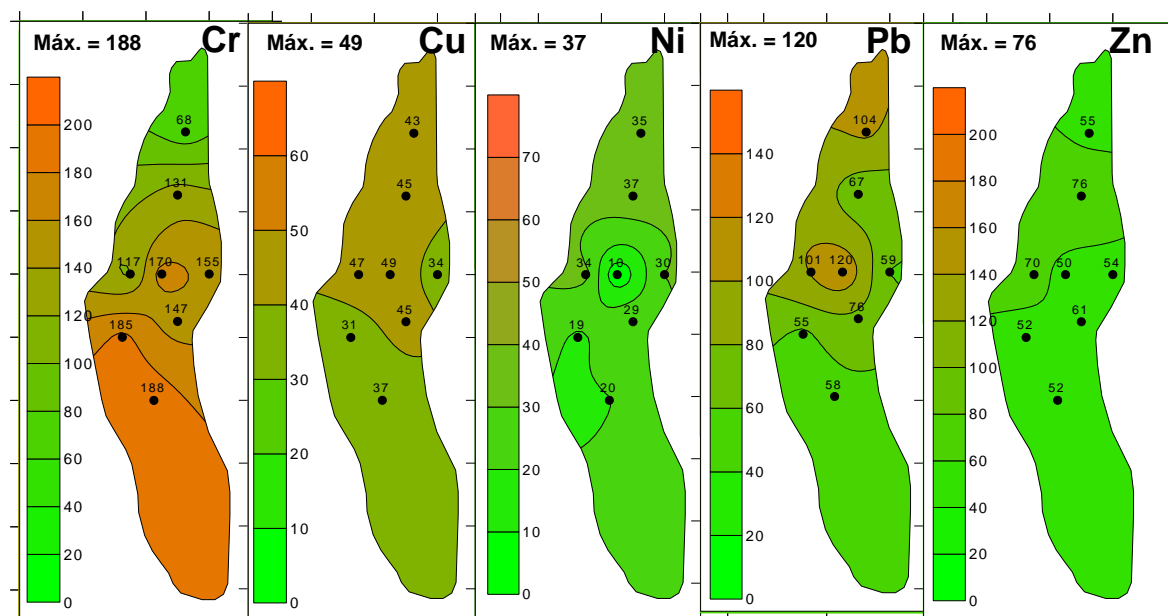
**Figura VI.2-79** - Teores de Fe, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn dos sedimentos superficiais da Lagoa da Sancha, comparativamente com os teores do Average Shale (linha a tracajado com teor no final). Barras negras - estações com teores superiores ao do Average Shale; barras cinzentas - estações com teores inferiores aos do Average Shale).



**Figura VI.2-80** - Factores de enriquecimento dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha, calculados normalizando com o Al, comparativamente ao Average Shale.

**Tabela VI.2-22** - Intervalos dos teores (mg/kg) de alguns metais nas diferentes classes de contaminação definidas na legislação portuguesa que regulamenta o grau de contaminação dos materiais dragados (DR II, n.º 141, 21/6/1995). As células coloridas em cada elemento assinalam que nos depósitos actuais foram obtidos valores dentro desse intervalo.

Classe	Classificação	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
5	Muito Contaminado	>1000	>500	>250	>1000	>5000
4	Contaminado	400 - 1000	300 - 500	125 - 250	500 - 1000	1500 - 5000
3	Moderadamente Contaminado	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1500
2	Ligeiramente Contaminado	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600
1	Limpo	<50	<35	<30	<50	<100



**Figura VI.2-81** - Distribuição dos teores dos metais pesados (Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) nos sedimentos da Lagoa da Sancha.

Os teores de metais pesados obtidos nos sedimentos da Lagoa da Sancha foram comparados com os intervalos considerados na legislação portuguesa para a classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação (DR II, n.º. 141, 21/6/1995), onde se estabelecem cinco classes de contaminação desde sedimentos considerados “limpos” - classe 1, a “muito contaminados” - classe 5 (**Tabela VI.2-22**). Esta comparação revela que os materiais superficiais depositados no interdunar da Sancha com teores máximos de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn de 188, 49, 37, 120 e 76 mg/kg, respectivamente (**Figura VI.2-81**) são classificados de “limpos” (classe 1) relativamente ao Zn, “ligeiramente contaminados” (classe 2) relativamente ao Cu, Ni e Pb e “moderadamente contaminados” (classe 3) para o Cr.

É pois necessário procurar uma possível fonte, natural ou antrópica, que justifique os elevados teores de Cr, Cu, Fe e Pb encontrados neste sistema:

- Dentro da área da bacia hidrográfica - se a entrada dos elementos se fizer por drenagem fluvial ou escorrência superficial;
- Fora da área da bacia hidrográfica - se a entrada dos elementos ocorrer por exemplo por deposição atmosférica ou galgamento oceânico.

a) No interior da bacia hidrográfica:

A pequena Lagoa da Sancha é alimentada por uma rede de drenagem com cerca de 35 km<sup>2</sup> instalada maioritariamente em litologias detríticas cenozóicas muito permeáveis, ocupando cerca de 91% da área exposta. São formações constituídas maioritariamente por areias alaranjadas e avermelhadas com pequenos seixos de quartzo, lascas de xisto e fragmentos de arenitos avermelhados do Triásico. Às vezes existem níveis com grandes calhaus rolados de quartzo e localmente existem argilitos, concreções carbonatadas e abundantes pisólitos ferruginosos. Em 4,4% da área de drenagem estão presentes formações do Triásico superior - os “Arenitos de Silves”, constituídas por arenitos de cor vermelha, conglomerados e pelitos subordinados, salientando-se o carácter argiloso e ferruginoso da matriz dos conglomerados. Das características geológicas do substrato depreende-se que este é pobre em bases (cálcio, magnésio, potássio, sódio) com presença abundante de Fe.

Esta zona húmida inserida na Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha tem a maior parte da sua bacia hidrográfica fora dos limites da referida reserva e embora relativamente próxima do enorme complexo industrial de Sines (**Figura VI.2-83**), não se conhecem indústrias implantadas na sua área de drenagem. No entanto, durante os trabalhos de campo detectaram-se actividades antrópicas na bacia hidrográfica que são merecedoras de referência, podendo constituir fonte de alguns elementos para o sistema:

- Foram observados parques de sucata e lixeiras a céu aberto (num antigo areeiro) onde a população frequentemente efectua despejos de materiais de variada natureza (entulho, material eléctrico, resíduos domésticos, pneus, etc.) (**Figura VI.2-82 A, B, D, E, F**). Estes materiais despejados em cima de formações plio-pleistocénicas extremamente permeáveis (**Figura VI.2-82C**), sem qualquer tipo de impermeabilizante (natural ou artificial), podem facilmente funcionar como fonte de metais (ou outros elementos) para as águas superficiais e principalmente para as subterrâneas, conduzindo-os até à depressão do interdunar da Sancha. Os componentes dos automóveis são ricos em metais (Cu, Cr, Ni, Pb - ver **Anexo A.III.1**).
- No vale do Barranco dos Bêbados toda a extensão aplanada se encontra mobilizada por actividades agrícolas (**Figura VI.2-82G**). As práticas agrícolas podem ser igualmente responsáveis pela introdução de elementos através do uso de fertilizantes naturais ou artificiais (nutrientes - N, K, P, Cr, Cu) ou de pesticidas (Cu, Pb) (ver **Anexo A.III.1**).
  - Mais recentemente, foram identificados na antiga saibreira da Sanchinha (areeiro da Sanchinha) evidências de despejos de lamas oleosas e outros resíduos industriais indiferenciados na célula SW, enquanto na célula NE, se identificaram diversos materiais de obras e demolições (**Figura V.2-6**). Este local encontra-se em avaliação da contaminação, pelo que os dados serão muito insipientes e preliminares.





**Figura VI.2-82** - Possíveis fontes de elementos químicos na bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha. A, B, D - despejos ilegais de resíduos de variada natureza numa depressão de uma antiga exploração de areias (actualmente desactivada); C - aspecto avermelhado das formações plio-pleistocénicas, enriquecidas em Fe; E, F - acumulação de sucata a céu aberto a sul da ribeira do Barranco dos Bêbados; G - actividades agrícolas desenvolvidas na várzea da ribeira do Barranco dos Bêbados.



b) No exterior da bacia hidrográfica:

Já fora dos limites da bacia hidrográfica mas imediatamente a sul, encontra-se o enorme complexo industrial de Sines, operacional desde os anos 70 (PINHO *et al.*, 2004), onde coexistem indústrias potenciais poluidoras do ar (**Tabela VI.2-23**, **Figura VI.2-62**), devendo este ser considerado como uma possível fonte externa ao sistema através da contribuição de elementos via deposição atmosférica. Este pólo industrial sofreu forte incremento no início dos anos 80, tendo-se verificado um aumento da deterioração da qualidade do ar, resultante das emissões atmosféricas e consequente deposição de poluentes.

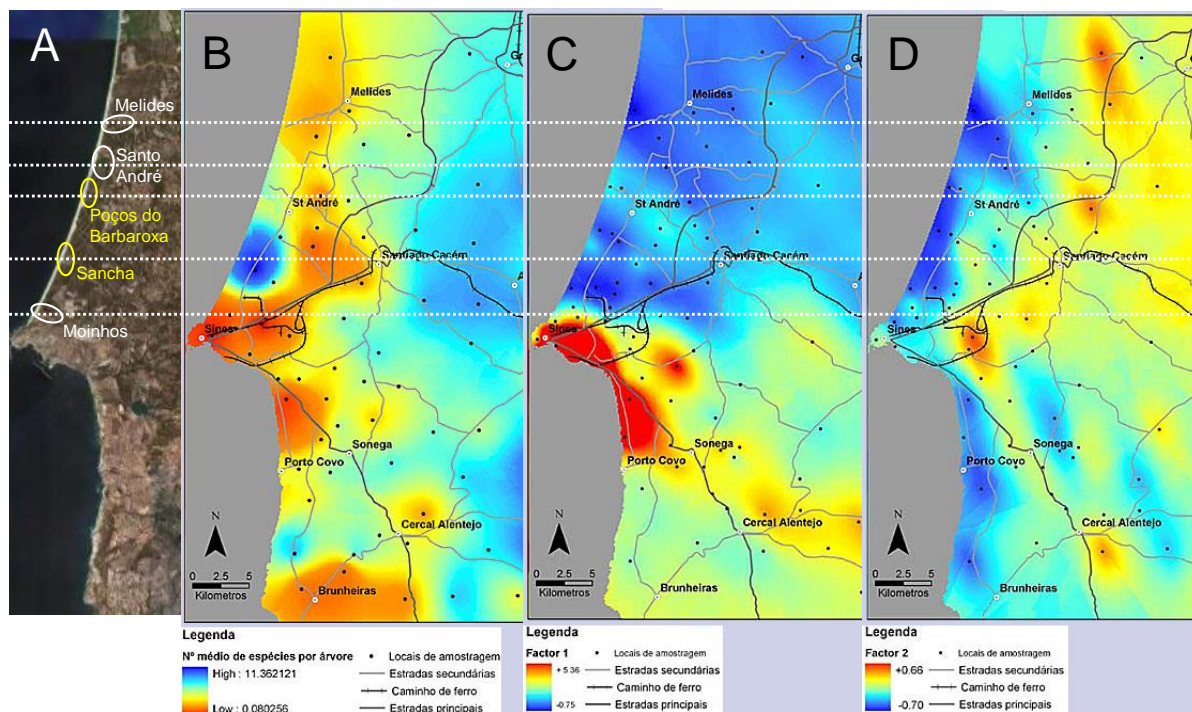
**Tabela VI.2-23** - Empresas do complexo industrial de Sines potenciais poluidoras do ar, ramos de actividade e principais compostos poluentes por dispersão atmosférica (fonte: PINHO *et al.*, 2004; RUSSO *et al.*, 2005a; RUSSO *et al.*, 2005b; Projecto Sinesbioar, disponível em [www.ccdr-a.gov.pt/sinesbioar](http://www.ccdr-a.gov.pt/sinesbioar), consultado em 2/8/2007).

Empresa	Actividade	Risco de poluição através de	Dispersão via atmosférica
Borealis (Fábrica de produtos químicos)	Produção, comercialização e distribuição de poliofinas e olefinas	Emissões, efluentes, resíduos	Hidrocarbonetos, SO <sub>2</sub>
EDP - CPPE (Centro de produção de Sines/Central Termoeléctrica)	Produção de energia eléctrica	Queima de carvão betuminoso	Partículas (pó de carvão + cinzas) (+ elementos menores presentes nas cinzas), NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>
Petrogal (Refinaria de Sines)	Sector energético (petróleo, gás natural)	Dispersão atmosférica	Hidrocarbonetos, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>
Porto de Sines	Terminal de carvão	Dispersão atmosférica de partículas	Partículas (pó de carvão)
Transgás Atlântico	Sector energético (gás natural)	Dispersão atmosférica	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>



**Figura VI.2-83** - Localização das principais indústrias potenciais contaminadoras do ar instaladas no complexo industrial de Sines, imediatamente a sul da Lagoa da Sancha.

Entre 2001 - 2004 um inovador projecto de monitorização e gestão da qualidade do ar da região de Sines (Projecto Life-Ambiente Sinesbioar) (Sinesbioar, 2004) empregou diversas técnicas, entre as quais a diversidade de líquenes e a acumulação de substâncias tóxicas nestes para estimar a dispersão, a intensidade e tipo de poluição atmosférica na região. Verificou-se a existência de locais com menor número de espécies de líquenes (menor biodiversidade), tendo sido considerados como estando sujeitos a algum tipo de poluição ou stress (**Figura VI.2-84B**). Os autores concluíram que as áreas mais perturbadas correspondem à área industrial de Sines e às principais aglomerações urbanas da região (Vila Nova de Santo André e Santiago do Cacém). A zona onde se insere o interdunar da Sancha corresponde a um local de elevada biodiversidade (**Figura VI.2-84B**) (PINHO *et al.*, 2004; Sinesbioar, 2004; Sinesbioar, 2007), evidenciando uma menor influência das fontes poluidoras. Nos líquenes, a análise das concentrações de diversos elementos químicos (Al, Ca, C, Co, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, N, Ni, Pb, S, Si, Ti), permitiu caracterizar a sua dispersão e após tratamento estatístico foi possível associar os diferentes elementos químicos, que provavelmente resultarão da mesma fonte de poluição ou terão a mesma proveniência. O mapa da **Figura VI.2-84C** mostra uma mancha de poluentes associados a partículas (associação de Fe, Al, Co e Ti) que se expande para SE no sentido dos ventos dominantes. A esta mancha associa-se um outro conjunto de elementos normalmente emitidos por instalações industriais (associação de Ni, Cr, S). Para NE existem alguns focos de Hg, Pb, Zn e Cu (**Figura VI.2-84D**), cuja proveniência os autores atribuem ao tráfego automóvel, às características geológicas da região ou à existência de zonas com explorações mineiras (sem relacionarem contudo o elemento à respectiva actividade) (Sinesbioar, 2007).



**Figura VI.2-84** - A - Localização dos ambientes lagunares (Melides, Santo André e Moinhos) e dos interdunares (poços dos Barbaroxa e Sancha) no litoral Melides-Sines; B - nº médio de espécies de líquenes por árvore (menor nº é equivalente de maior perturbação/poluição); C - Distribuição conjunta dos elementos Al, Co, Cr, Fe, Mn, Ni e Ti; D - Distribuição conjunta dos elementos Cu, Hg, Pb e Zn. Imagens adaptadas de A - Google earth, B, C, D - [www.ccdr-a.gov.pt/sinesbioar](http://www.ccdr-a.gov.pt/sinesbioar).

Importa agora, face ao exposto, apontar, principalmente a origem de alguns elementos cuja concentração é elevada no interdunar da Sancha (Cr, Cu, Fe, Pb).

Tendo em conta o anteriormente explanado sobre as diversas fontes (naturais/antrópicas) considera-se que as formações geológicas aflorantes em cerca de 95 % do substrato da rede de drenagem, pobres em bases e ricas em óxidos de Fe, serão maioritariamente a fonte provável do Fe e do Cr existente nos sedimentos. Segundo FERREIRA (2000) a Lagoa da Sancha insere-se numa região cujos sedimentos fluviais de corrente revelam os teores mais elevados de Ni (ver Anexo III.1), pelo se aponta uma origem principalmente “natural” para este elemento.

A lixiviação de resíduos, em parques de sucata e lixeiras a céu aberto, depositados sobre formações muito permeáveis, bem como as actividades agrícolas na várzea do principal afluente do sistema, podem ser contribuintes menores para o sistema.

As partículas, ricas nestes elementos, com origem no complexo industrial de Sines não devem afectar significativamente esta área pois a sua dispersão faz-se preferencialmente para SE (Sinesbioar, 2004, 2007). No entanto, o mesmo estudo salienta a forte correlação entre os teores elevados de Pb e os centros urbanos, pelo que as actividades antrópicas podem ser apontadas como uma fonte que adiciona Pb ao sistema. Relembre-se que estes dois elementos (Cu e Pb) têm um comportamento geoquímico na Lagoa da Sancha diferenciado do Cr e do Fe.

#### ▪ Análise Ecológica

A caracterização ecológica da Lagoa da Sancha não é um dos objectivos do presente estudo. No entanto, deixa-se aqui uma referência aos estudos conhecidos efectuados neste ambiente, por se julgarem pertinentes para a discussão.

Os estudos mais antigos a que se teve acesso sobre a Lagoa da Sancha reportam-se ao final da década de 80 (SEARN-SNPRCN, 1988 - Análise Prévia; ERENA-SEARN-SNPRCN, 1988 - Relatório de Progresso) onde esta “Lagoa” é analisada conjuntamente com outras do distrito de Setúbal, nomeadamente as Lagoas de Albufeira, Melides e Santo André.

No primeiro relatório, das 13 páginas que o compõem, 8 correspondem à descrição da “Vida Selvagem” - Flora e Fauna - das Lagoas citadas. Aí, na caracterização da Flora refere-se que dos ambientes estudados a Sancha é o que, do ponto de vista fitocenótico, que apresenta um estado de equilíbrio mais elevado, considerando o estágio evolutivo da sucessão em que se encontra: “quase totalmente dominada por elementos graminóides, em especial *Scirpus maritimus*, tem presença muito abundante de *Scirpus lacustris*, *Juncus maritimus* e *Phragmites australis*”. Do ponto de vista faunístico, refere-se que a Lagoa da Sancha constitui um caso particular, por raramente ter ligações ao mar, o que lhe confere “um funcionamento como sistema lagunar típico em fase de amadurecimento”, referindo os autores que nas outras Lagoas a degenerescência dos parâmetros biofísicos e morfométricos se tem evitado à custa das aberturas artificiais periódicas para renovação das águas lagunares. Efectivamente, na inventariação dos vertebrados terrestres, a Lagoa da Sancha é a que apresenta menor biodiversidade, seguida de perto pela Lagoa de Melides.

No segundo relatório, mais completo, os autores referem que a caracterização biológica está em curso mas incluem uma listagem das espécies ornitológicas e o uso que estas fazem deste ambiente. Importa referir que o relatório não menciona nenhum aspecto em particular que destaque este ambiente das restantes 3 lagunas.

A caracterização ecológica em estudo mais recente (PINTO, 1995) baseia-se nos dados dos anteriores, não acrescentando informação pertinente.

Os trabalhos de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999), identificam a comunidade de macroinvertebrados bentónicos após um programa de monitorização mensal entre Fevereiro de 1988 e Março de 1989. Foram encontrados 69 *taxas*, dos quais 89,8 % com afinidade continental e 8,7 % com afinidade marinha, contrastando com os 50 % e os 41,5% de *taxas* marinhos registados em Santo André e Melides (CANCELA DA FONSECA *et al.*, 1989b). Assim, a comunidade de macroinvertebrados lagunares da Sancha é principalmente representativa de um ecossistema de água doce, embora com presença de organismos com afinidades salobras. A comunidade macrobentónica é fortemente dominada por espécies de Chironomids e Anomopodas.

Embora nos relatórios se refiram diferenças entre o ambiente do interdunar da Sancha comparativamente com as lagunas de Albufeira, Melides e Santo André, principalmente no que diz respeito à sua menor biodiversidade e maior influência continental, em nenhum se menciona evidências biológicas compatíveis com as actuais características físico-químicas extremas registadas no presente estudo. Infere-se, pois, que à data dos referidos estudos não existiriam as actuais características extremas que tanto distancia este interdunar dos restantes três, já incluindo Melides e Santo André.

No entanto, o estudo ecológico (diatomáceas) efectuado por FERREIRA (2006) nas mesmas amostras de sedimentos superficiais lagunares utilizadas no presente estudo, mostram resultados surpreendentes. Deste modo, faz-se aqui um pequeno resumo das suas conclusões, por se julgarem pertinentes na caracterização deste ambiente particular.

O seu estudo refere a existência de testemunhos que indicam a entrada de:

- água salgada por galgamento do cordão dunar frontal em épocas de temporal - comprovados pela presença de esporos *Chaetoceros*;
- água fluvial - presença de diatomáceas halófitas.

Esta autora refere a predominância das espécies *Nitzschia paleaeformis*, *Nitzschia tubicola* e *Pinnularia acorica* (**Figura VI.2-85**), que atendendo às suas características autoecológicas indicam um modo de vida bentónico, em ambiente oligohalino indiferente, acidófilo (**Figura VI.2-86**). Apenas nas estações 2 e 4 (próximas das margens), apresentam espécies epifíticas e ticoplantónicas, sendo também na estação 2 onde ocorre a maior percentagem de diatomáceas euplantónicas indicando zona de maior profundidade, bem como a maior percentagem de esporos de *Chaetoceros*, indicando que a água salgada se mantém nesta zona durante mais tempo por ser de maior profundidade.

O actual domínio de espécies acidófilas, identificadas pela autora, vem reforçar o já anteriormente referido: que posteriormente a 1989 - estudos de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1999) - ocorreu uma modificação ambiental suficientemente importante para a modificação e adaptação da comunidades às actuais condições.



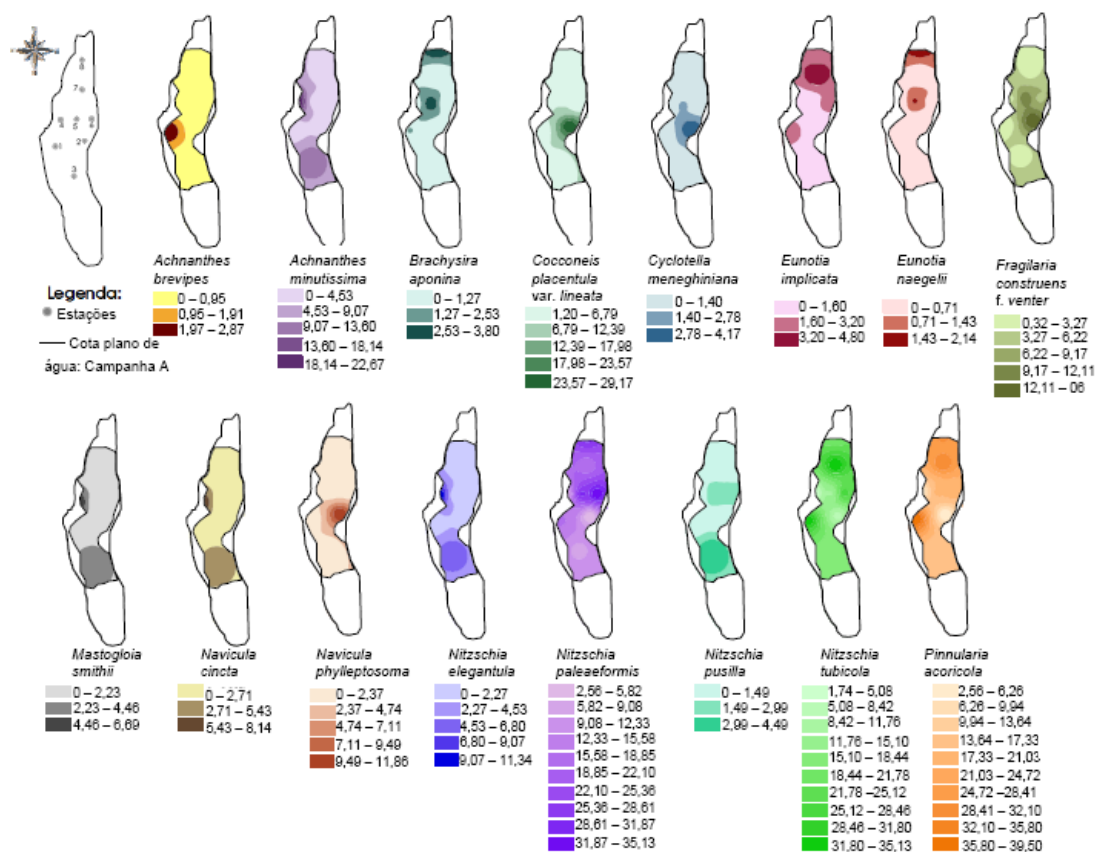
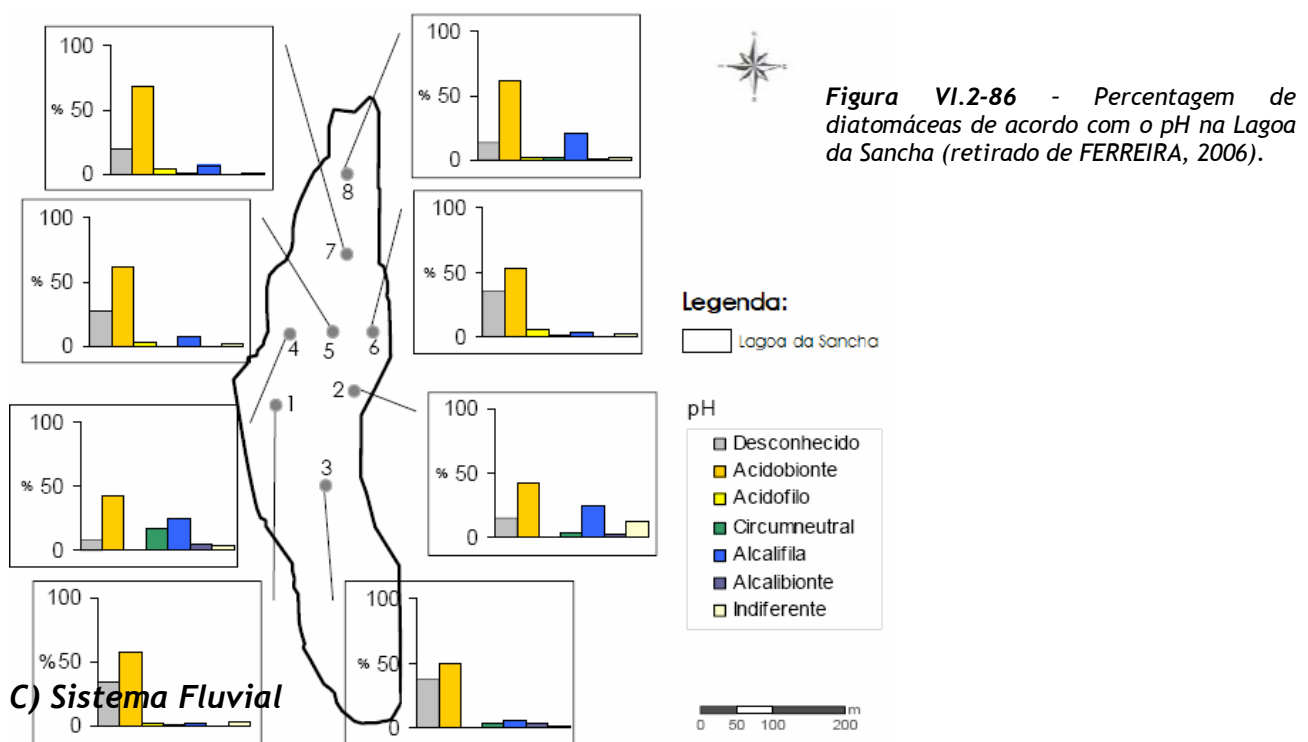


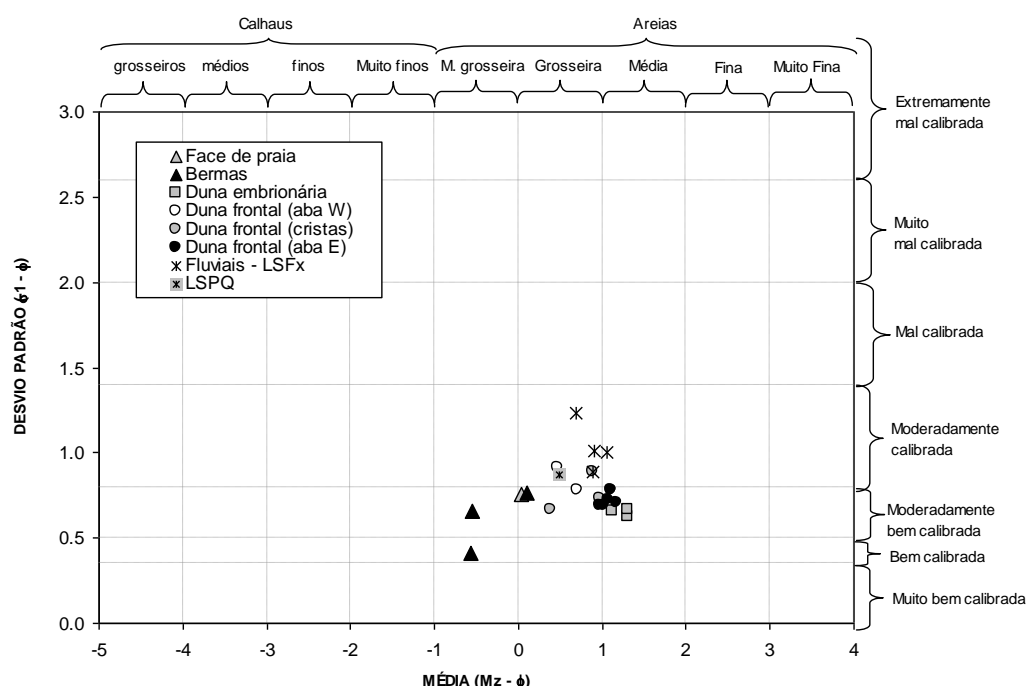
Figura VI.2-85 - Espécies de diatomáceas mais frequentes nos sedimentos superficiais lagunares da Sancha (retirado de FERREIRA, 2006).



### C) Sistema Fluvial

#### ▪ Análise Sedimentológica

Os sedimentos fluviais da bacia de drenagem da Lagoa da Sancha são constituídos principalmente por areias pouco vasosas e areias vasosas ( $\%>63\ \mu\text{m}$  entre 71 e 86 %), em que na fracção fina ( $<63\ \mu\text{m}$ ) os siltes são mais importantes (12,5-24,4 %) que as argilas (1,5-5,2 %) (**Figura VI.2-65**). A fracção  $>63\ \mu\text{m}$  é constituída principalmente por areias grosseiras ( $M_z = 0,69 - 0,9\ \phi$ ), excepto a amostra LSF3 que é média ( $M_z = 1,04\ \phi$ ), moderadamente calibradas ( $s_1 = 0,92 - 1,04\ \phi$ ) (**Figura VI.2-82**). As curvas de distribuição granulométrica apresentam simetrias variadas (positiva, simétrica e negativa -  $S_{ki} = -0,42$  a  $0,25$ ), com configurações maioritariamente mesocúrticas ( $K_s = 2,96 - 3,50$ ), excepto a LSF3 que se apresenta leptocúrtica ( $K_s = 3,97$ ) (**Figura VI.2-87**).

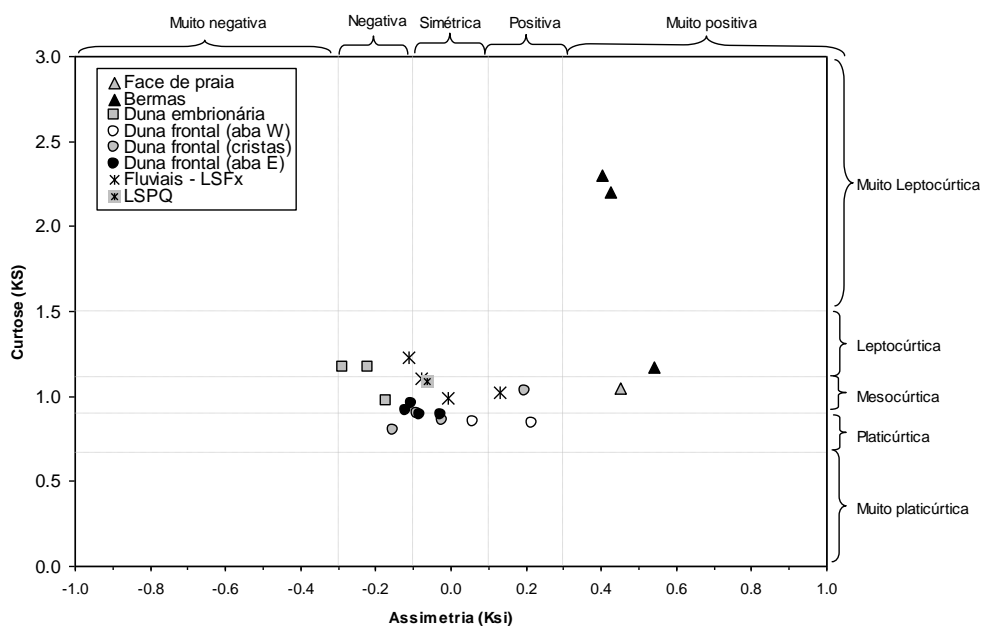


**Figura VI.2-87** - Posicionamento dos sedimentos fluviais e da amostra do PQ no gráfico interparâmetros (média versus desvio padrão), comparativamente com as amostras do perfil Praia-Duna (W da Lagoa da Sancha).

Os sedimentos fluviais são empobrecidos em MO com teores (método - Titulação) muito baixos (%MO 0,31 - 0,80 %), excepto a amostra LSF4 com teor moderado (%MO = 3,75%). O baixo teor de MO da amostra LSF1 reflecte-se no pH, apresentando este sedimento o pH mais elevado do conjunto - 5,92 (sub-ácido), enquanto as restantes revelam valores entre 4,60 - 5,18, típicos de ambientes ácidos (**Figura VI.2-65**). Os valores ligeiramente mais elevados da %MO devolvidos pela determinação em mufla, resultam provavelmente da contabilização de pequena percentagem de água adsorvida às argilas ou mesmo estrutural que pode-se ter libertado mesmo não se tendo excedido os 500°C durante o ensaio. Estes sedimentos são desprovidos de carbonato de Ca.

Os sedimentos do Plio-Quaternário (amostra LSPQ) revelam características idênticas aos fluviais, sendo areias pouco vasosas ( $\%>63\ \mu\text{m} = 81\ %$ ), extremamente pouco orgânicos (%MO 0,35%), ácidos (pH = 5,22) e sem carbonato de Ca. Na fracção  $<63\ \mu\text{m}$  os siltes são igualmente mais importantes (14,4 %), que a fracção argilosa (4,5 %) (**Figura VI.2-65**). A fracção  $>63\ \mu\text{m}$  caracteriza-se dimensionalmente por ser grosseira ( $M_z = 0,54$ ), moderadamente calibrada ( $\sigma_1 = 0,94$ ) com distribuição simétrica ( $K_{Si} = 0,48$ ) e mesocúrtica ( $K_s = 4,21$ ) (**Figura VI.2-87**, **Figura VI.2-88**).

Comparativamente com os sedimentos superficiais lagunares, os fluviais e os do (PQ) são texturalmente mais grosseiros, substancialmente empobrecidos em MO e menos ácidos, o que lhes confere características mais próximas dos sedimentos dunares do perfil Praia-Duna. Efectivamente, a comparação da análise granulométrica coloca em evidência uma maior semelhança com os sedimentos dunares e menor com os de praia relativamente aos parâmetros gráficos assimetria e curtose. No entanto, os materiais distinguem-se dos restantes por apresentarem pior calibragem (**Figura VI.2-87**).



**Figura VI.2-88** - Posicionamento dos sedimentos fluviais e da amostra do PQ no gráfico interparâmetros (assimetria versus curtose), comparativamente com as amostras do perfil Praia-Duna (W da Lagoa da Sancha).

Os trabalhos mais recentes de caracterização dos sedimentos fluviais da bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha apresentados por INÁCIO *et al.* (2014) confirmam as características texturais essencialmente arenosas destes sedimentos, bem como o seu nulo conteúdo em matéria orgânica, com pH a variar entre 4,43 (amostra BEB4B) e 6,24 (BEB3).

### ▪ Análise Geoquímica

Os teores geoquímicos dos sedimentos fluviais (**Figura VI.2-77**) reflectem principalmente a natureza detrítica mineral, essencialmente grosseira, de materiais desprovidos de carbonato de Ca e com baixos teores de MO. Estes sedimentos com teores muito elevados de Si (36-43 %), são essencialmente siliciosos e pobres em aluminossilicatos, o que se reflecte nos baixos teores de Al (1,7-5,3 %). Os baixos teores de Ca e Sr confirmam a ausência de carbonatos biogénicos, já anteriormente notada, e de minerais primários continentais detentores destes elementos.

Os valores próximos ou ligeiramente inferiores de K, Rb, Ti, Nb, Zr e Y registados nestes sedimentos comparativamente com os lagunares, sugerem que os materiais continentais constituem fonte importante destes elementos, à qual se deve adicionar, principalmente no sector N da depressão interdunar, materiais detríticos transportados pelos galgamentos.



Os teores de Mn registados nas 3 estações mais a jusante, são da mesma ordem de grandeza dos observados nos sedimentos da Lagoa. No entanto, o Fe com o qual este elemento apresentava aí grande afinidade, revela teores significativamente inferiores. Este facto, sugere a ocorrência de um fenómeno extraordinário que deve ter conduzido ao enriquecimento supergénico deste último elemento de origem terrestre. Este enriquecimento é compatível com o processo anteriormente descrito na formação dos Solos Sulfatados Ácidos, que conduz a forte mobilização de Fe dos sedimentos após oxidação dos sulfuretos (inclusive de níveis mais profundos expostos a ambiente oxidante) e acumulação deste sob a forma de uma “crosta ferruginosa” atingindo teores da ordem dos 17% de Fe (ver sedimentos superficiais lagunares). A diferença significativa dos teores de Cr nos materiais fluviais e nos lagunares indica um processo análogo ao relatado para o Fe.

Para os restantes metais pesados (Ni, Cu, Zn e Pb), os teores obtidos nos materiais fluviais, embora substancialmente mais baixos que os dos depósitos superficiais do interdunar (com excepção do Pb na amostra LSF4), sugerem que a bacia hidrográfica constitui uma fonte destes elementos, salientando-se que possa não ser a única.

Os teores significativamente mais baixos de Br, Cl, e S dos sedimentos fluviais, muitas vezes inferiores ao limite de detecção do método, não deixam dúvidas quanto à principal fonte destes no ambiente lagunar da Sancha - matéria orgânica (S) e origem marinha (Br, Cl e S).

#### VI.2.4.2 MACRO-ESCALA

##### VI.2.4.2.1 Caracterização do enchimento sedimentar Holocénico

###### *A) Caracterização sedimentológica*

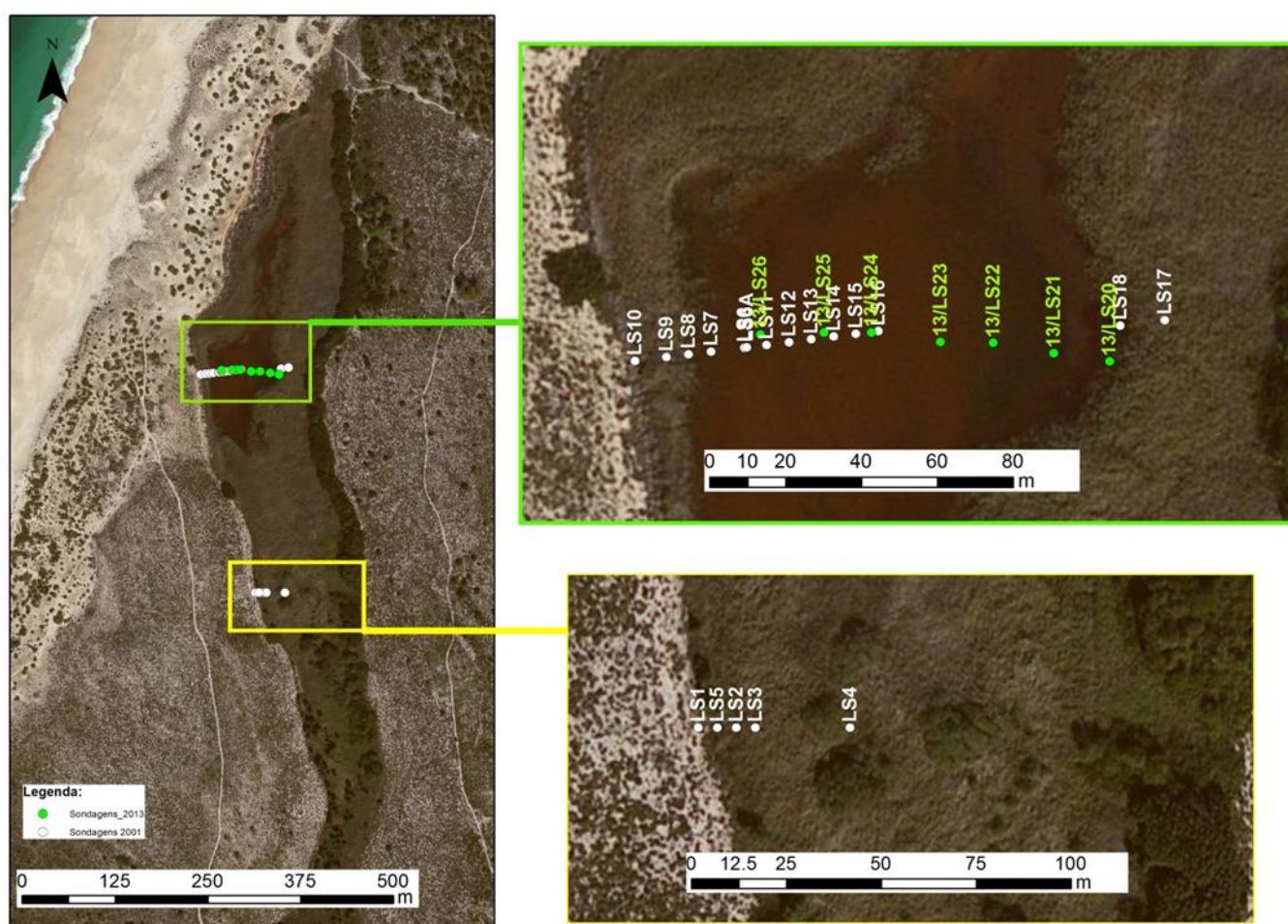
A prospecção do enchimento sedimentar deste interdunar iniciou-se com o Perfil I com 5 sondagens (LS1, LS2, LS3, LS4, LS5) na região mais afastada da influência dos galgamentos oceânicos (**Figura VI.2-89**). Estas sondagens, cuja profundidade máxima variou entre 0,60 e 1,15 m, atravessavam reduzidas espessuras de material vasoso (máximo de 55cm) que assentava directamente nas areias do CDA (**Anexo A.IV.5**). As cotas absolutas da boca destas sondagens foram obtidas tendo em conta que estas foram realizadas durante a Campanha A de caracterização físico-química do corpo aquoso, na qual foi determinada a cota absoluta de +4,16 m (NMM) (**Tabela VI.2.24**) para o plano de água. Assumindo a horizontalidade deste e sabendo que no local das sondagens foram registadas profundidades de LS1 = 12 cm, LS2 = 15 cm, LS3 = 25 cm, LS4 = 40 cm, basta reduzir as diferentes espessuras para se obter as cotas absolutas de +4,03 m (LS1), +4,00 m (LS2), +3,90 m (LS3), +3,75 m (LS4). Para LS5, posicionada a meia distância entre LS1 e LS2, foi assumida a cota de +4,01 m (NMM), por não se terem registado diferenças altimétricas significativas entre estas duas últimas sondagens.

Um segundo perfil de sondagens foi efectuado mais a N - Perfil II, coincidente com a zona central da depressão longitudinal, onde se realizaram mais 14 sondagens (LS6 a LS18). A presença de água, embora com reduzida profundidade (cerca de 15 cm) na zona central da Lagoa da Sancha dificultou a execução de um maior número de sondagens nesse segmento do perfil E-W, obtendo-se maior densidade de sondagens a poente (**Figura VI.2-89**, **Figura VI.2-90**). O perfil de sondagens efectuado no enchimento sedimentar que preenche a depressão interdunar permitiu a caracterização da sua estrutura e geometria, que se apresenta lenticular, biselando lateralmente (**Figura VI.2-91**). O corpo essencialmente orgânico tem espessura máxima de 2,65 m (sondagem LS14) e assenta em substrato arenoso (CDA).

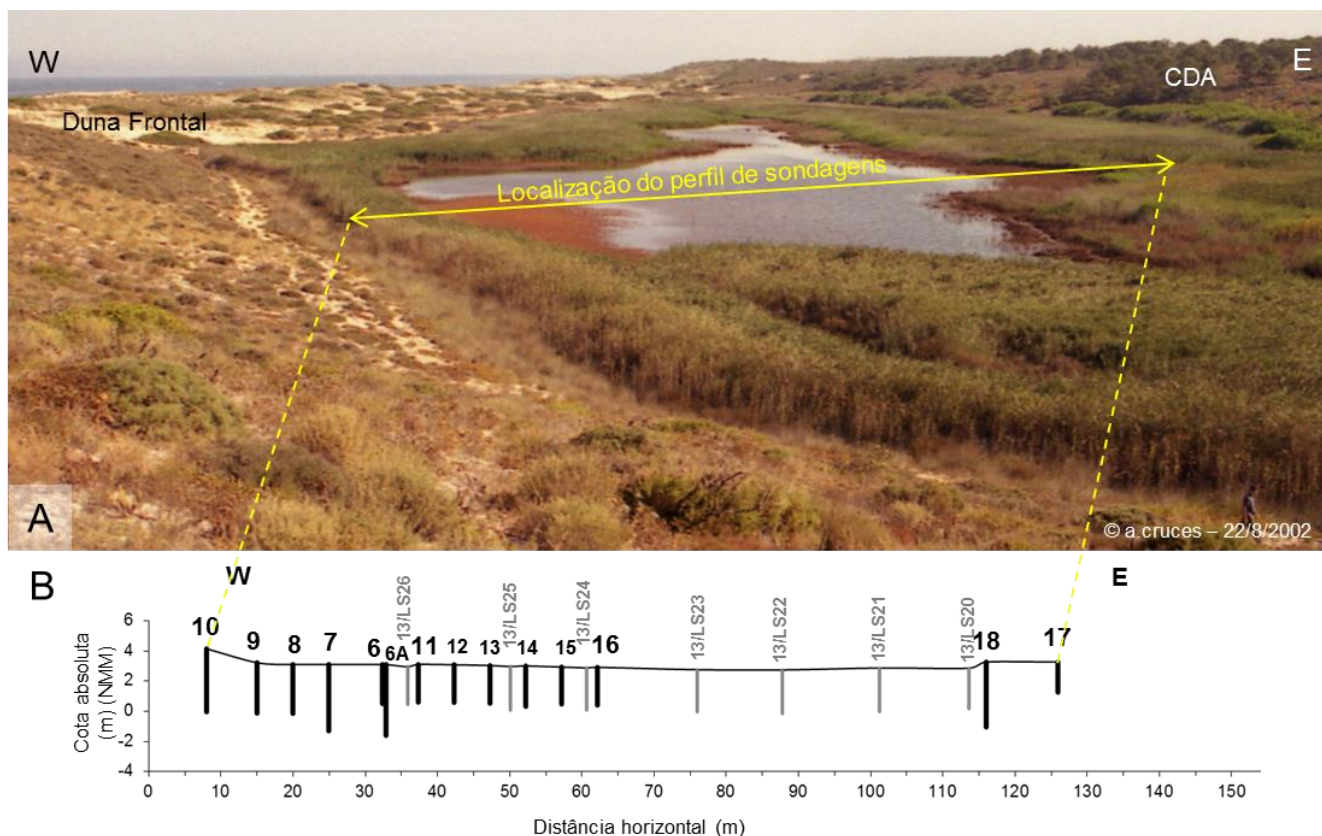
O contacto entre o CDA e o enchimento orgânico revela a cota mais baixa descentrada para W (0,61 m - NMM em LS14), pelo que em consequência o declive do limite entre o substrato arenoso e o enchimento orgânico é diferente, revelando-se perto da horizontalidade para nascente (0,6°) e um pouco mais íngreme a poente (3,3°) (**Figura VI.2-92**). Esta assimetria estende-se aos flancos dunares expostos, acentuando-se um pouco os declives, para 7,8° e 9,5°, respectivamente. Este último regista-se na aba sotamar da duna frontal que limita este interdunar a ocidente, tal como nos Poços do Barbaroxa de Baixo e do Meio.

Foram seleccionadas 3 sondagens como representativas do enchimento deste interdunar: LS10 - zona W, LS6A - zona central, LS18 - zona Este. Separaram-se 23, 26 e 19 amostras (**Tabela VI.2-23**, respectivamente, com espessuras entre 2 e 30cm (as últimas correspondem a troços muito homogéneos em sedimentos arenosos), com espaçamento de aproximadamente 10cm, por vezes menor ou maior no caso de mudanças sedimentares bruscas ou de grande homogeneidade, respectivamente (**Figura VI.2-93**, **Figura VI.2-94**, **Figura VI.2-95**). Nas restantes sondagens foram seleccionadas 25 amostras (**Tabela VI.2-24**).

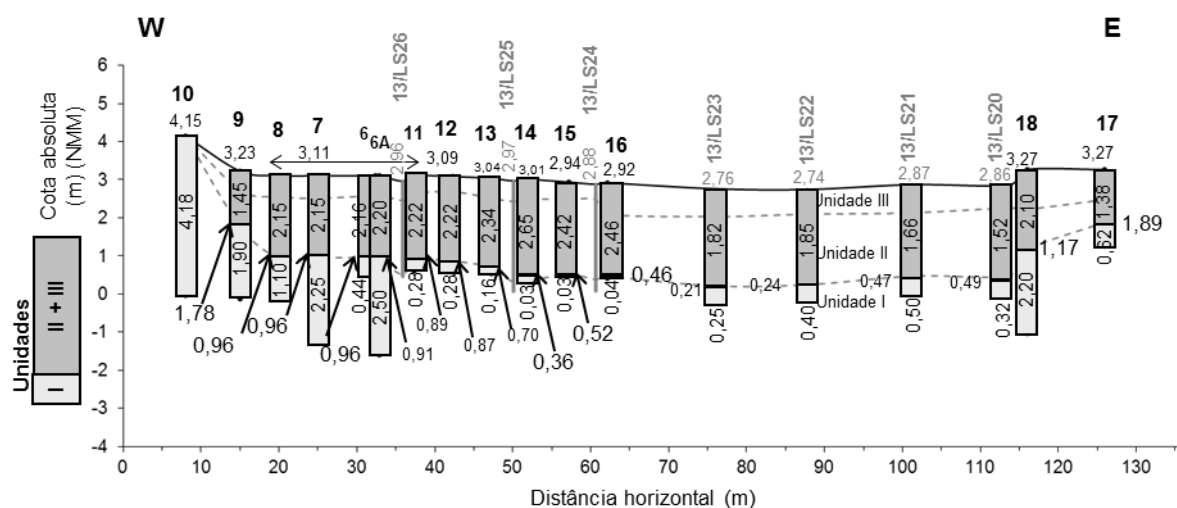
A observação macroscópica dos sedimentos (dezanove sondagens - **Anexo A.IV.5**) e os resultados das análises sedimentológicas (sete sondagens - **Figura VI.2-97**) e permitem a definição de três eventos sedimentares distintos, da base para o topo: unidade basal arenosa (Unidade I - correspondente ao CDA), enchimento orgânico da depressão interdunar (Unidade II - sedimentação essencialmente turfosa) e preenchimento minerogénico (Unidade III - depósitos minerogénicos). A passagem da unidade I para a II, tal como verificado nos outros três interdunares, é marcada por um enriquecimento em matéria orgânica, pelo que se optou por diferenciar esta zona da subjacente, definindo-se duas subunidades (Ia - base e Ib - topo) na Unidade I. A observação das sequências sedimentares realizadas em 2013, permite completar a interpretação do enchimento sedimentar na lacuna que existia na 1ª amostragem. No entanto, os sedimentos encontram-se em processamento, pelo que não serão apresentados resultados analíticos das sondagens LS21 a LS26.



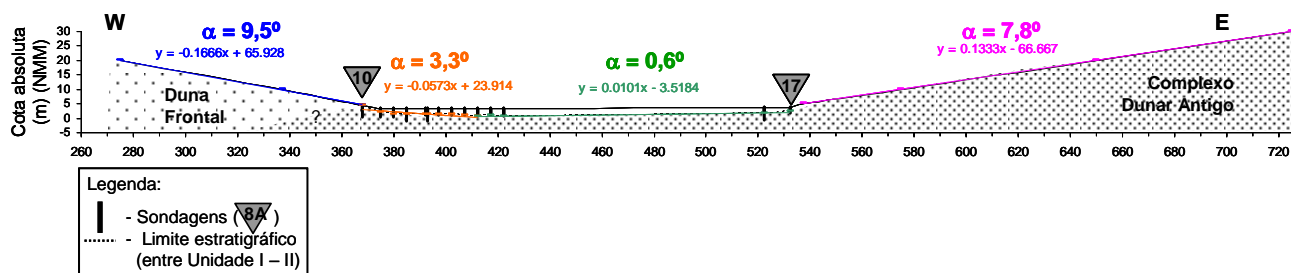
**Figura VI.2-89** - Localização dos perfis I (a Norte) e II (a Sul) das sondagens efectuados na Lagoa da Sancha nas campanhas de 2001/2002 (pontos a branco) e 2013 (pontos a verde). Perfil I - perfil principal com as sondagens efectuadas e o Perfil II corresponde às sondagens de prospecção da 1ª campanha em 2001.



**Figura VI.2-90** - Perfil II de sondagens W-E efectuado na Lagoa da Sancha. A - alinhamento/posicionamento do perfil transversal das sondagens LS6 a LS26; B - perfil topográfico do alinhamento de sondagens (transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar); nele se incluem as sondagens com a respectiva altimetria relativamente ao NMM e a extensão máxima atingida em cada uma delas (escala vertical sobrelevada 2x).



**Figura VI.2-91** - Perfil topográfico do alinhamento de sondagens (transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar); nele se incluem as sondagens com a respectiva cota de boca (m) (NMM), a espessura máxima da unidade II+III (orgânica+minerogénica) e a cota (m - NMM) do limite entre as unidades I e II (escala vertical sobrelevada 5x).

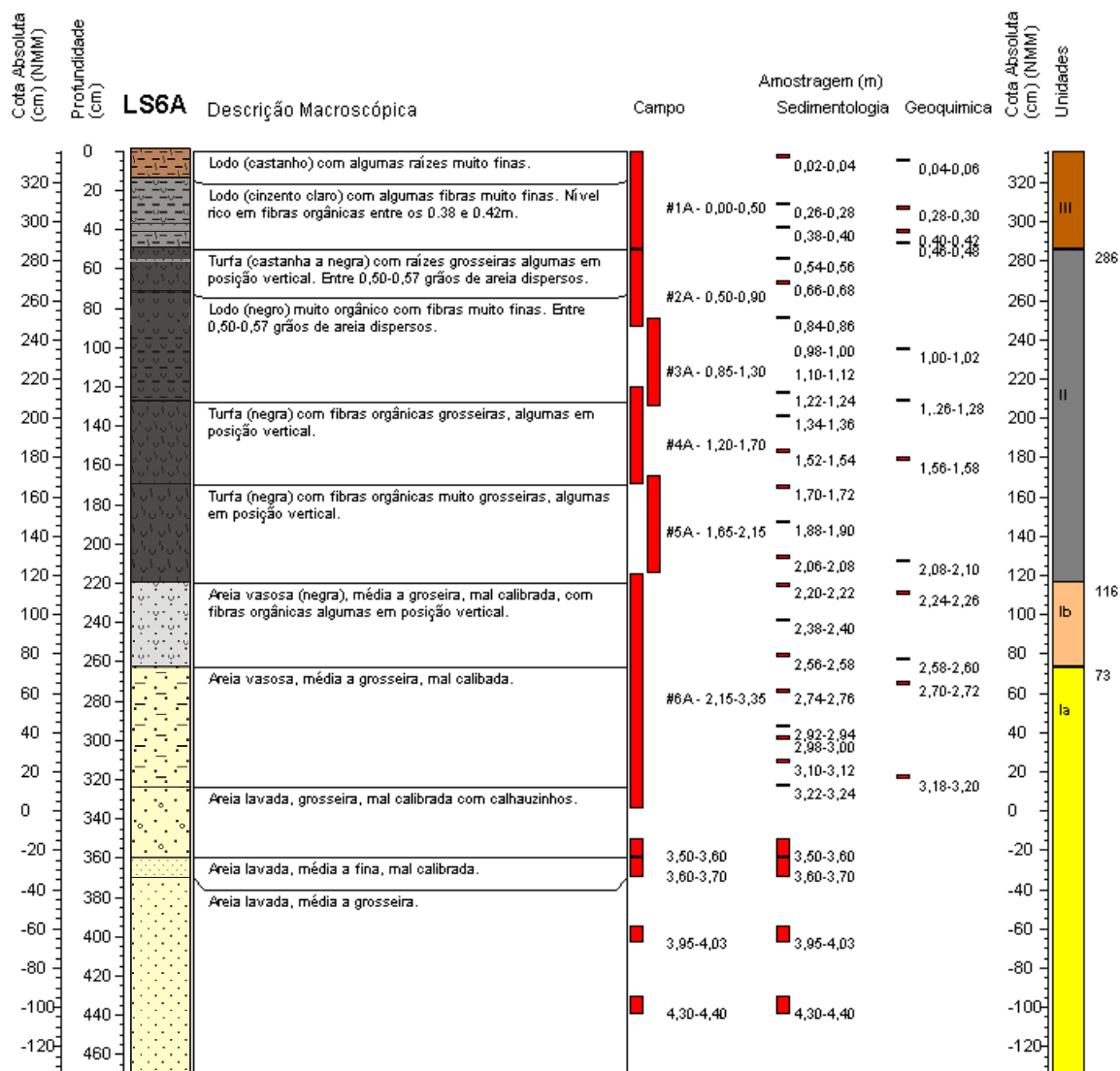


**Figura VI.2-92** - Perfil topográfico E-W (realizado com estação total) sobre a Duna Frontal (W) e o Complexo Dunar Antigo (E) contendo o perfil das sondagens efectuadas no interdunar da Lagoa da Sancha (escala horizontal = escala vertical). A continuação do complexo dunar sob o enchimento sedimentar orgânico corresponde ao contacto entre as unidades estratigráficas definidas (Unidade I e II). O ângulo  $\alpha$  de cada secção foi calculado tendo em conta que  $\text{tg } \alpha = \text{declive}$ .

**Tabela VI.2-24** - Profundidade máxima atingida em cada uma das sondagens efectuadas na Lagoa da Sancha, espessura atravessada de cada unidade e número de amostras analisadas.

		W	Perfil de sondagens														E	Sondagens de Prospeção																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		LS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		10	9	8	7	6	6A	11	12	13	14	15	16	18	17		1	5	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Cota da boca da sondagem (m)	Profundidade máxima atingida (m)	Espessura atravessada (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Unid. I	Unid. II	Unid. III																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
23	-	-	4.18	0.00	0.00	0.00	4.40	4.18	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	





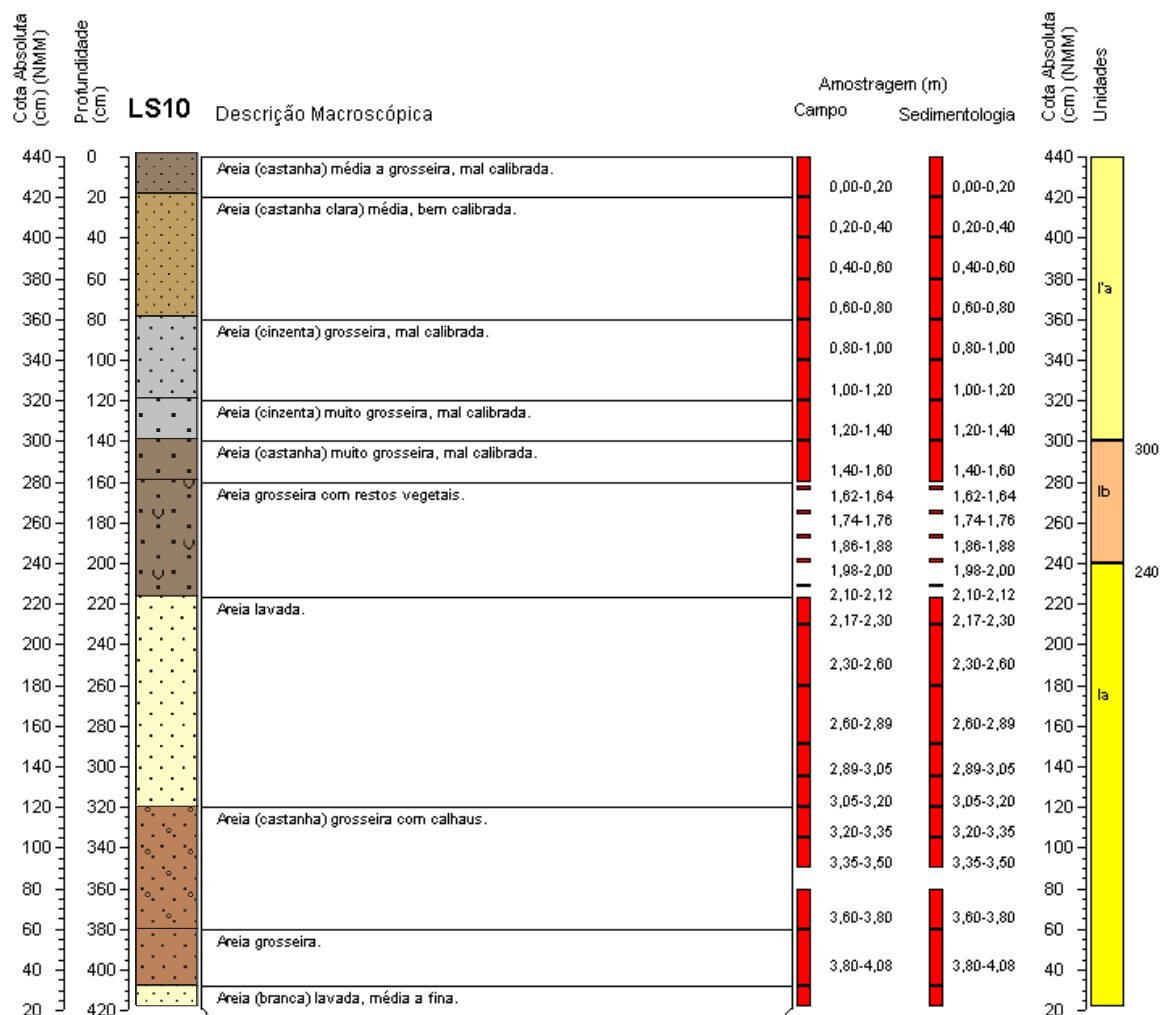
**Figura VI.2-93** - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e geoquímico e unidades da sondagem LS6A.

A descrição das Unidades e a interpretação posterior baseiam-se nos resultados sedimentológicos (**Anexo II.6**) dos referidos níveis analisados (principalmente das sondagens LS10, LS6A e LS18) mas igualmente na descrição macroscópica de campo e de laboratório das restantes sondagens (**Anexo IV.5.1**, **Anexo V.4.2**).

O enchimento observado neste interdunar contrasta com os dos Poços do Barbaroxa por apresentar uma sequência sedimentar onde é visível a ocorrência de dois eventos sedimentares distintos (unidade II - essencialmente turfosa; unidade III - essencialmente vasosa) sobrepostos à unidade basal arenosa (Unidade I - CDA).

A ocorrência de materiais com conteúdos orgânicos muito diferentes, desde sedimentos com teores nulos até muito elevados (cerca de 100% em turfas), colocou dificuldades na escolha do método a utilizar na determinação do teor de MO, pois em sedimentos turfosos o método da titulação não detecta cerca de 90-95 % do carbono elementar presente sob a forma de grafite ou carvão, subestimando os verdadeiros

teores de MO (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981) (ver *Anexo II.1*). Por outro lado, o método de incineração quando aplicado em sedimentos vasosos ricos em carbonatos pode devolver teores superiores aos verdadeiros, por contabilizar parte da água das argilas e CO<sub>2</sub> da decomposição dos bioclastos carbonatados.



**Figura VI.2-94** - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e geoquímico e unidades da sondagem LS10.

Deste modo, optou-se pelo método da incineração (mufla) para todas as amostras (unidade I, II e III), repetindo-se a determinação pelo método de titulação para as amostras essencialmente arenosas ou vasosas (unidade I e III), pelo que a classificação dos sedimentos relativamente ao teor de MO no estudo à macroescala tem por base os resultados da incineração (mufla - efectuado em todas as amostras). Embora a correlação entre os resultados obtidos pelos dois métodos nas amostras das unidades I e III seja elevada ( $R^2 = 0,90$  - **Figura VI.2-96A**), verifica-se que os teores obtidos após incineração são, efectivamente, mais elevados. Esta correlação diminui se determinada apenas em amostras texturalmente idênticas, sendo



inferior a 50% nos sedimentos vasosos orgânicos (unidade III) (**Figura VI.2-96B**). A comparação entre resultados obtidos por estes dois métodos deve, pois, ser feita com cautela.

A **Unidade I** (espessura máxima atravessada = 4,18m - LS10; espessura mínima atravessada = 0,03m - LS14, LS15) corresponde às areias do CDA, pelo que a sua espessura real ultrapassa os valores atravessados. O mesmo critério utilizado nos interdunares anteriores (enriquecimento progressivo em matéria orgânica) foi aqui empregue para subdividir esta unidade em duas subunidades, Ia e Ib tendo sido, esta última, apenas detectada nas sondagens LS6 e LS16.

**Sub-Unidade Ia** (espessura máxima atravessada = 2,18m - LS10; espessura mínima atravessada = não atingida em algumas sondagens) - é constituída essencialmente por areias, embora existam algumas areias pouco vasosas (% >63  $\mu$ m entre 99,3 e 83,5 %) principalmente em LS6A, maioritariamente hiperácidas (pH entre 2,47 a 5,12, apenas duas amostras revelam menor acidez). São empobrecidas em MO, com teores baixos e maioritariamente muito baixos (%MO < 1,68%) (**Tabela VI.2-25 Figura VI.2-97, VI.2-98**). A componente >63  $\mu$ m embora maioritariamente grosseira apresenta dimensões variadas desde muito grosseiras a médias ( $M_z = -0,72$  a  $1,36 \phi$ ), revelando-se a maioria dos sedimentos moderadamente a moderadamente bem calibrados, com excepção de duas amostras da sondagem LS7 com calibragem muito deficiente ( $s_1 = 1,48 - 2,03\phi$ ) (**Tabela VI.2-25, Figura VI.2-99**). As curvas de distribuição granulométrica apresentam simetrias variadas (desde muito positivas a muito negativas -  $S_{ki} = -0,42$  a  $0,23$ ), com configurações maioritariamente leptocúrticas e mesocúrticas ( $K_s = 0,92 - 1,70$ ). Estas areias são quase exclusivamente constituídas por grãos de quartzo, brilhantes e leitosos, onde por vezes surgem pequenos balastros quártzicos rolados a sub-rolados.

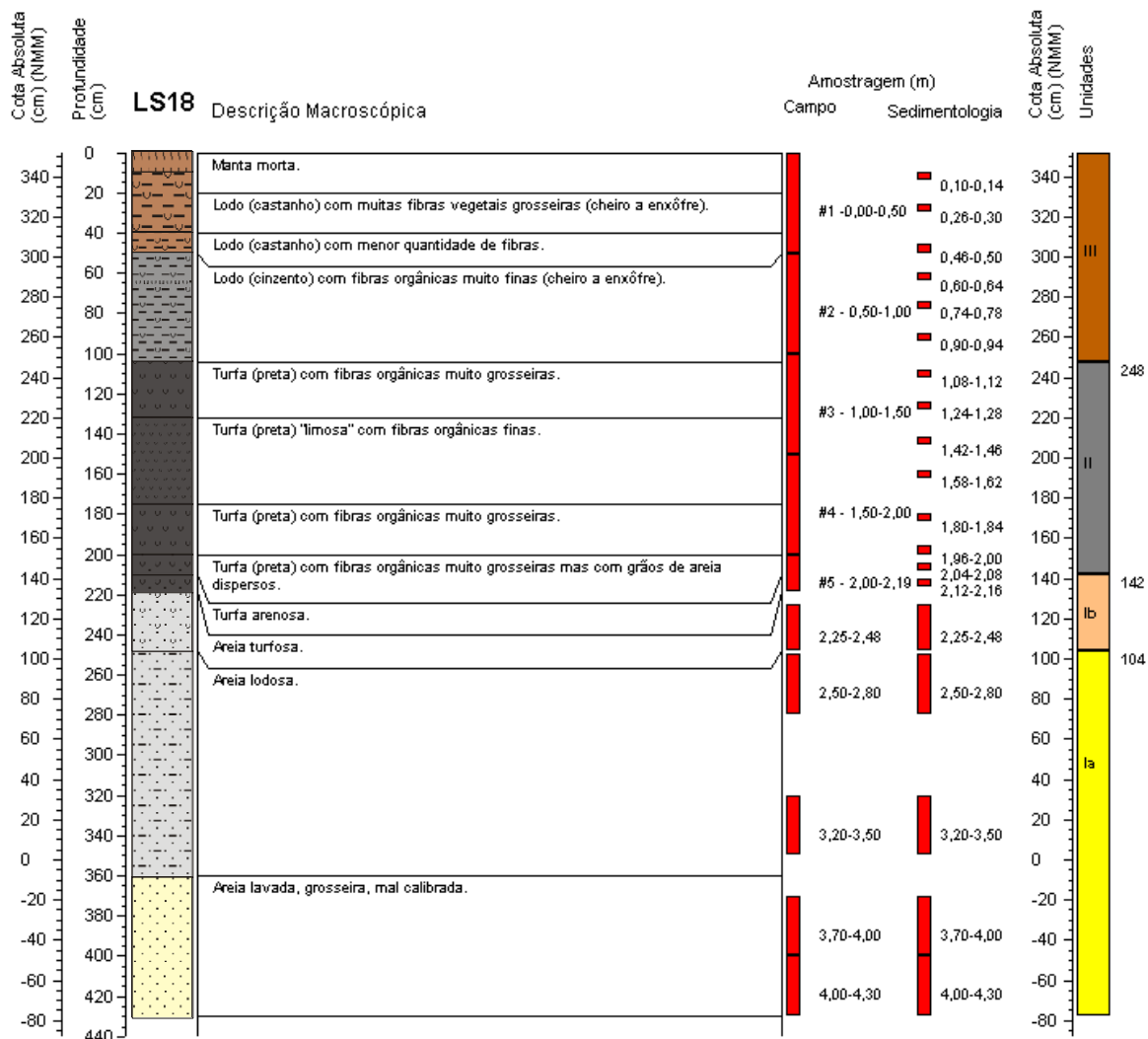
**Sub-Unidade Ib** (espessura máxima atravessada = 0,95m - LS9; espessura mínima atravessada = não detectada em algumas sondagens) - é constituída por areias e areias pouco vasosas (% >63  $\mu$ m entre 85,4 e 98,6%), hiperácidas a ácidas (pH entre 2,30 a 5,31) com teores de MO baixos a elevados (%MO entre 1,0 - 8,0%), (**Tabela VI.2-25, Figura VI.2-97, VI.2-98**). O teor de carbonato de Ca biogénico actualmente nulo, pode resultar da ausência desta componente no sedimento ou da sua destruição em condições de pH baixas que aqui se verificam. Na maioria das sondagens (com excepção da LS6) o contacto desta Unidade com a orgânica superior (Unidade II) é marcada por um enriquecimento gradual de MO passando-se das areias “limpas” da Unidade Ia para areias turfosas (Unidade Ib) para turfás arenosas e turfás/lodo turfoso (Unidade II).

A componente >63  $\mu$ m apresenta dimensões médias a grosseiras ( $M_z = 0,05$  a  $1,29 \phi$ ), moderadamente a moderadamente bem calibrada ( $s_1 = 0,87 - 0,98 \phi$ ) (**Tabela VI.2-25, Figura VI.2-99**). As curvas de distribuição granulométrica apresentam simetrias variadas (desde muito positivas a negativas -  $S_{ki} = -0,16$  a  $0,29$ ), com configurações maioritariamente leptocúrticas e mesocúrticas ( $K_s = 0,89 - 1,31$ ). Do ponto de vista mineralógico, estas areias são idênticas às da subunidade Ia.

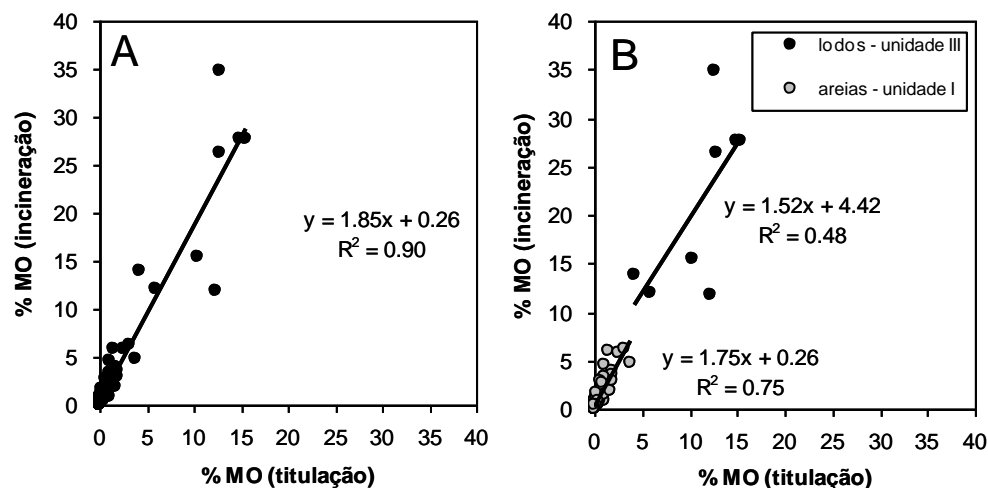
**Tabela VI.2-25 - Características sedimentológicas típicas das unidades/sub-unidades do preenchimento do interdunar da Lagoa da Sancha.**

% O.M.	%>63 µm	pH	% MO	Média Mz (φ)	Desvio Padrão σ1 (φ)	Assimetria	Curtose
III	1 - 10	2,2 - 3,2	11,8 - 34,8	*	*	*	*
II	7 - 94	1,9 - 5,0	25,3 - 88,5	1,28 a 1,86	0,98 a 1,06	-0,18 a -0,08	1,25 a 1,76
Ib	85 - 99	2,3 - 5,1	1,0 - 8,0	0,05 a 1,29	0,87 a 0,98	-0,16 a 0,29	0,89 a 1,31
Ia	84 - 99	2,5 - 5,1	0,0 - 1,7	-0,72 a 1,36	0,51 a 2,03	-0,42 a 0,23	0,92 a 1,70

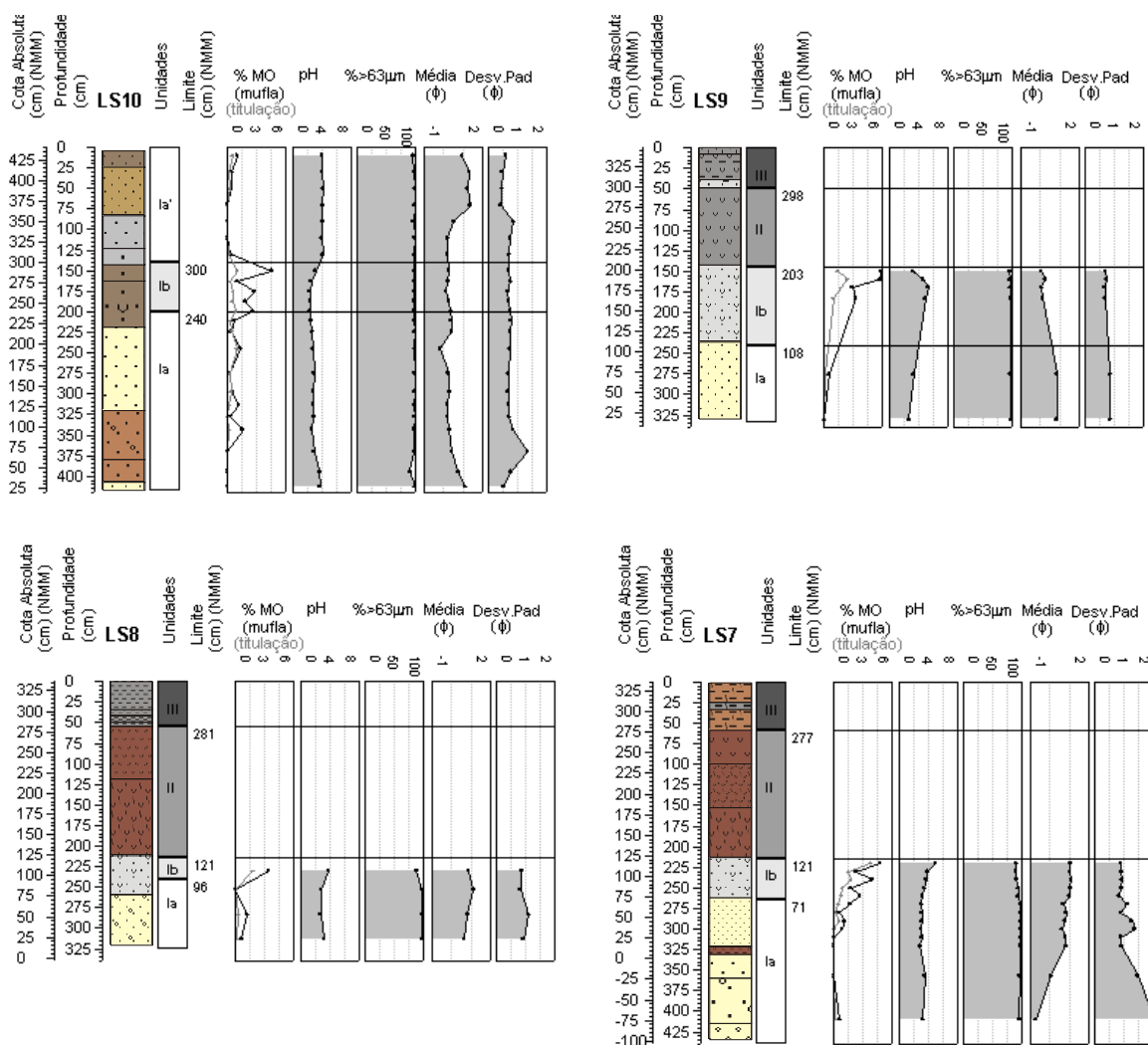
\* não se aplica



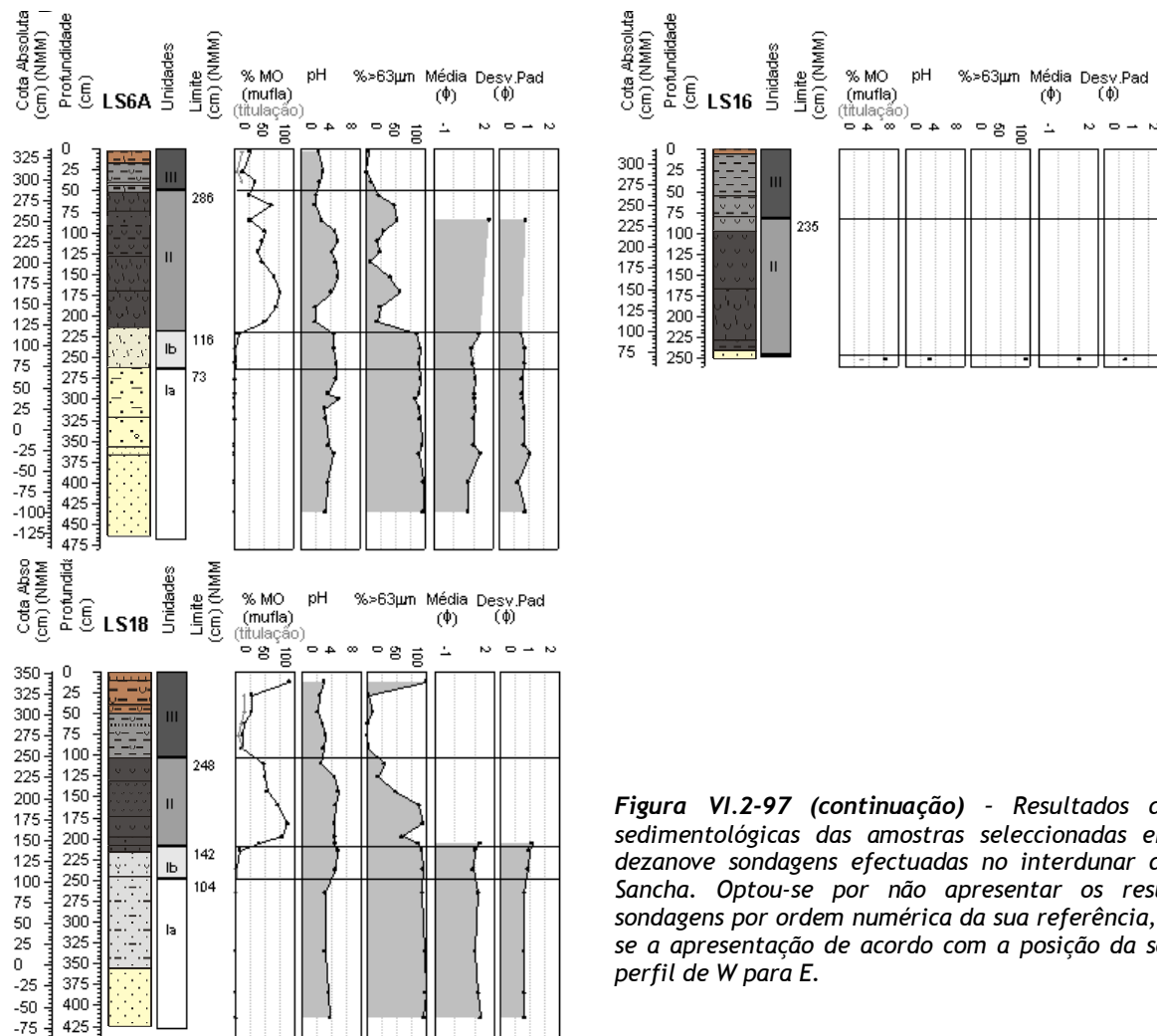
**Figura VI.2-95 - Log, descrição macroscópica, amostragem de campo, amostragem para estudo sedimentológico e geoquímico, e unidades da sondagem LS18.**



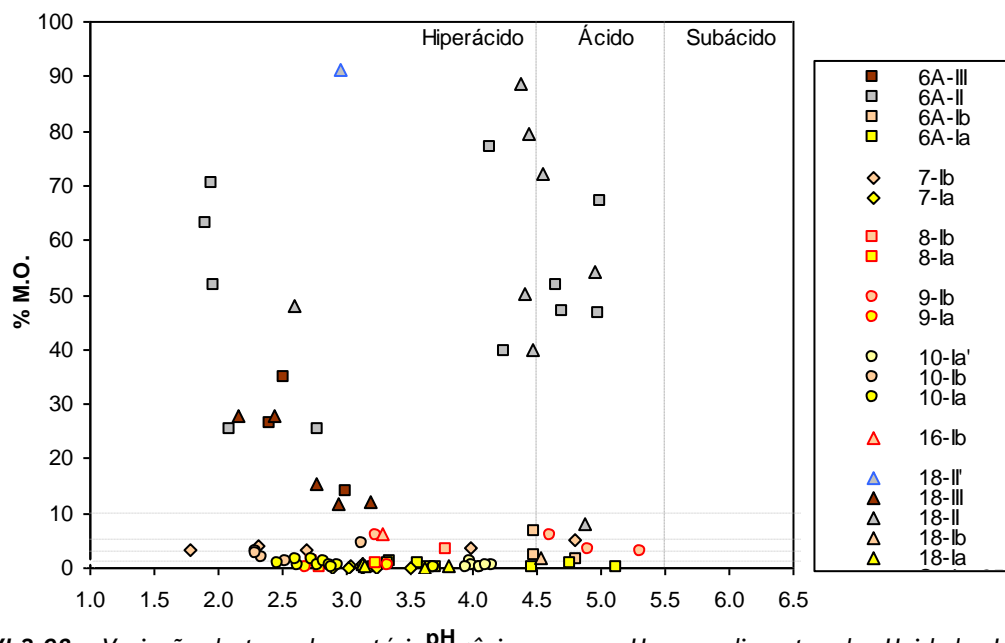
**Figura VI.2-96** - Correlação entre a percentagem de matéria orgânica determinada por incineração em mufla e pelo método da titulação. A - na totalidade das amostras das unidades I e III; B - correlação utilizando amostras texturalmente idênticas.



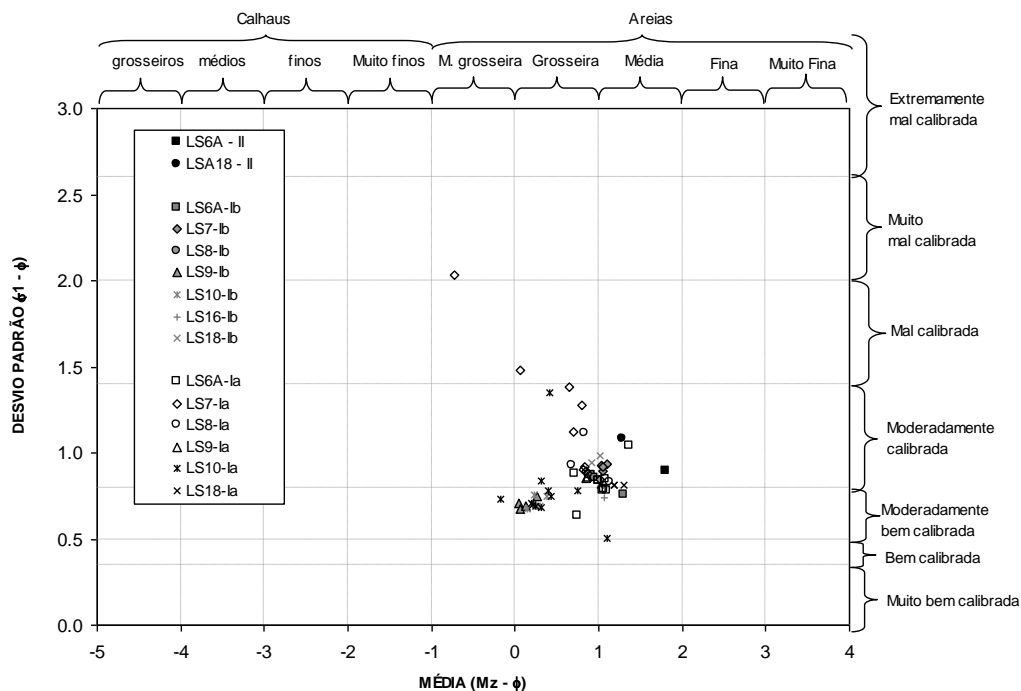
**Figura VI.2-97** - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em sete das dezanove sondagens efectuadas no interdunar da Lagoa da Sancha. Optou-se por não apresentar os resultados das sondagens por ordem numérica da sua referência, preferindo-se a apresentação de acordo com a posição da sondagem no perfil de W para E.



**Figura VI.2-97 (continuação)** - Resultados das análises sedimentológicas das amostras seleccionadas em sete das dezanove sondagens efectuadas no interdunar da Lagoa da Sancha. Optou-se por não apresentar os resultados das sondagens por ordem numérica da sua referência, preferindo-se a apresentação de acordo com a posição da sondagem no perfil de W para E.



**Figura VI.2-98** - Variação do teor de matéria orgânica versus pH nos sedimentos das Unidades I, II e III. A - nas diferentes sondagens.



**Figura VI.2-99** - Gráfico Média versus Desvio Padrão da componente grosseira dos sedimentos das Unidades I e II das sondagens LS. Parâmetros obtidos pelo Método Gráfico.

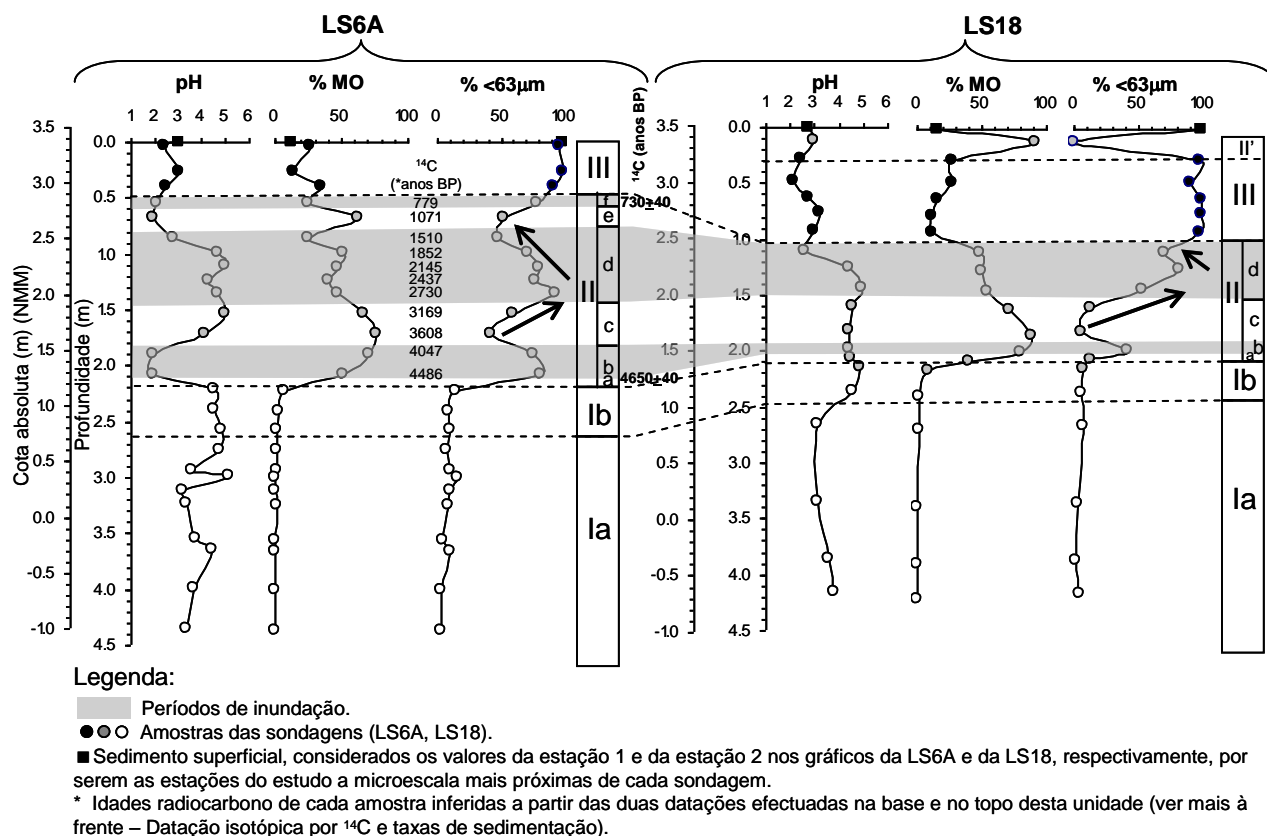
**Unidade II** (espessura máxima atravessada = 2,13 m - LS14; espessura mínima atravessada = não detectada em algumas sondagens) - é essencialmente constituída por turfa, por vezes muito grosseira, alternando com níveis de vasas orgânicas ( $\%>63\ \mu\text{m} = 7,4 - 93,8\%$ ), isentas de bioclastos, hiperácidas a ácidas ( $\text{pH} = 1,9 - 5,0$ ). A presença de grãos de areia dispersos é notória desde o início da sedimentação turfosa e mantém-se ao longo de toda a coluna.

Este carácter de alternância entre turfás grosseiras e lodos turfosos sugere uma oscilação importante da espessura da coluna de água. Deste modo, tendo em conta os resultados das análises sedimentológicas obtidos nos materiais das sondagens LS6A e LS18 (mesmo com uma densidade de amostragem não muito elevada) e as duas datações efectuadas na base e no topo desta unidade, foi possível identificar e datar 3 eventos de inundação separados por períodos de maior terrestrialização do sistema (**Figura VI.2-100**).

A sequência sedimentar desta unidade inicia-se com a deposição de turfás (subunidade IIa) muito grosseiras com algumas das fibras orgânicas em posição vertical, ocorrendo de forma dispersa a presença de grãos de quartzo. Esta combinação confere aos sedimentos primitivos características hiperácidas, textura grosseira (87 % das partículas com dimensões  $>63\ \mu\text{m}$  - LS18, evento não analisado em LS6A) e teor de MO não muito elevado como consequência da componente minerogénica (grãos detríticos) presente. Os outros dois eventos de terrestrialização (subunidades IIc, IIe) apresentam características semelhantes com teor de MO ainda mais elevado.

Em alternância surgem os períodos de inundação, que promovem a sedimentação de materiais de textura mais fina (turfás lodosas/lodos turfosos -  $\%<63\ \mu\text{m} = 41 - 93\%$ ), ricos em matéria orgânica ( $\%\text{MO} = 25 - 79\%$ ) que quando sofrem adição importante de grãos de areia resulta num incremento da fracção  $>63\ \mu\text{m}$  e numa diminuição do teor de MO (evento IIlf). A componente grosseira desta adição detrítica tem

dimensão média e é moderadamente calibrada. É importante assinalar que a evolução do evento IIc-IIId (terrestrialização - inundação) e a do IIId-IIe (inundação-terrestrialização)   marcada por uma sequência granulométrica positiva e negativa, respectivamente, sugerindo uma alteração gradual na oscilação da cota do nível de água nesta depressão, em detrimento de modificações ambientais drásticas. No entanto, uma maior densidade de amostragem poderia fornecer dados mais precisos no estabelecimento destas oscilações ambientais.



**Figura VI.2-100** - Valores de pH, percentagem de matéria orgânica (MO) e da fracção  $<63\mu\text{m}$  das sondagens LS6A e LS18. Assinalam-se os períodos de inundação (zonas a cinzento) e de terrestrialização (zonas intermédias a branco).

Comparando os sedimentos da unidade II com os depósitos actuais do fundo do interdunar (ver VI.2.4.1.2B), maioritariamente vasas com  $\%<63\mu\text{m}$  superior a 98 %, verifica-se que os materiais depositados durante os períodos de inundação (IIb, IIId, IIIf) são os que apresentam maior grau de semelhança com os actuais (**Figura VI.2-100**). No entanto, são ligeiramente mais grosseiros ( $<63\mu\text{m}$  superior 41-93 %) e mais enriquecidos em MO, o que sugere que durante os períodos de inundação no passado a espessura da coluna de água não terá sido tão importante como actualmente. Uma outra característica pode fornecer pistas importantes nesta comparação passado-presente: o pH. As características hiperácidas do primeiro e do terceiro eventos de inundação (IIb e IIIf) distinguem-nos do intermédio (IIId), com características maioritariamente ácidas. As características hiperácidas de IIb e IIIf, análogas às actuais, fazem antever que um importante evento de exposição a ambiente oxidante, com geração de águas ácidas, idêntico ao verificado na Lagoa da Sancha em 1995 pode já ter ocorrido no

passado com consequências idênticas. Evidências geoquímicas corroboram esta hipótese (ver VI.2.4.1.2B. *Caracterização Geoquímica*).

O enquadramento cronológico dos níveis analisados nesta unidade foi obtido a partir das duas datações efectuadas no topo e na base, nas amostras 0,52-0,54m e 2,13-2,15m, encontrando-se as idades radiocarbono estimadas na **Figura VI.2-100**.

**Unidade III** (espessura máxima atravessada = 1,04m - LS18; espessura mínima atravessada = não detectada na sondagem LS10) - é essencialmente constituída por vasas e vasas pouco arenosas ( $\% > 63\mu\text{m} > 90\%$ ), com teores de MO muito elevados (11,8 - 34,8%), hiperácidas (pH 2,2-3,2) (**Figura VI.2-97/98**). Texturalmente e composicionalmente estes materiais são muito semelhantes aos depósitos actuais da Lagoa da Sancha (**Figura VI.2-100**), pelo que se infere que as condições ambientais contemporâneas da sedimentação da unidade III, iniciadas há 730 anos BP (732-585 anos cal BP) se devem ter mantido até à actualidade. No entanto, importa salientar que dos quatro interdunares estudados, a Lagoa da Sancha é o único que apresenta a unidade III, pelo que na evolução paleoambiental deste interdunar certamente ocorreram modificações distintas das verificadas nos Poços do Barbaroxa, embora posicionados em depressões dunares geograficamente próximas.

## **B) Caracterização geoquímica**

Após descrição macroscópica dos sedimentos e a definição das 3 unidades estratigráficas seleccionaram-se, na sondagem LS6A, para caracterização geoquímica do preenchimento do interdunar da Sancha, quatro níveis do segmento essencialmente vasoso mais recente (unidade III) e quatro da sedimentação essencialmente orgânica (unidade II). Foram igualmente escolhidas quatro amostras da unidade I com o objectivo de caracterizar quimicamente as areias do complexo dunar antigo. Os resultados mostram claramente a existência de 3 conjuntos de materiais com composição química distinta, constituindo as variações das concentrações dos elementos maiores como o Al e o Si um indício indiscutível desta evidência. As variações da concentração de outros elementos maiores, menores e vestigiais permitem pormenorizar a caracterização geoquímica dos materiais e estimar a influência marinha/terrestre na sedimentação. No entanto, a baixa densidade de amostragem não é suficiente para permitir a identificação dos diferentes eventos reconhecidos na unidade II através da sedimentologia (a, b, c, d, e, f) mas permite caracterizar quimicamente os materiais típicos de períodos de maior inundação e de maior terrestrialização.

A análise estatística/factorial (**Tabela VI.2-26**, **Tabela VI.2-27**, **Figura VI.2-101**) das concentrações obtidas indica quatro associações de elementos que face à sua variação permitem estabelecer considerações paleoambientais para a evolução deste sistema:

- **1º grupo (Si)** - este elemento não revela correlação positiva importante com outros elementos, sugerindo que o controlo da variação da sua concentração se deverá a um único constituinte, provavelmente a abundância do mineral quartzo, comum neste sistema;
- **2º grupo (Br, Ca, Cl, Mg, Mn, Sr)** - o Ca mostra correlação positiva elevada com o Sr ( $r = 0,95$ ), Mn ( $r = 0,92$ ), Br ( $r = 0,86$ ), Mg ( $r = 0,61$ ) e Cl ( $r = 0,53$ ). Os níveis enriquecidos nesta associação



de elementos onde se incluem os “marine born elements” (“elementos com afinidade marinha”, principalmente o Br e o Cl) indicam maior influência marinha contemporânea da deposição dos materiais;

- 3º grupo (Al, Cu, K, Nb, Pb, Rb, Y, Ti, Zn, Zr) - este grupo representa os elementos associados à componente mineral continental existente nos materiais da Sancha. O Al revela elevadas correlações com os restantes elementos do grupo ( $r > 0,69$ ), relacionando-se os teores mais elevados com a presença importante de aluminossilicatos como os minerais de argila.
- 4º grupo (Cr, Fe, Ni, S) - este conjunto de elementos associados ao Fe (Cr -  $r = 0,91$ ; Ni -  $r = 0,96$ ; S -  $r = 0,83$ ) sugerem a ocorrência de um fenómeno independente dos três anteriormente citados como justificação da variação dos três conjuntos de elementos. No entanto, é importante referir que o S também apresenta fortes afinidades com os elementos do 2º grupo (Cl -  $r = 0,77$ ; Br -  $r = 0,35$ ), pelo que a sua origem pode ser principalmente marinha e posteriormente ser mobilizado pelo mesmo processo que afectou a concentração do Cr, Fe e Ni.

Efectivamente, a observação da **Figura VI.2-101**, resultante da análise factorial, facilita a percepção destes quatro grupos com o Factor 1 (associação dos elementos Al, K, Ti, Cu, Zn, Rb, Y, Zr, Nb e Pb - 3º grupo) a justificar 0,45 da variância total, enquanto o Factor 2 (Cl, Ca, Mn, Br e Sr - 2º grupo em oposição ao Si), justifica 0,27, perfazendo no conjunto 0,72 (**Tabela VI.2-27**).

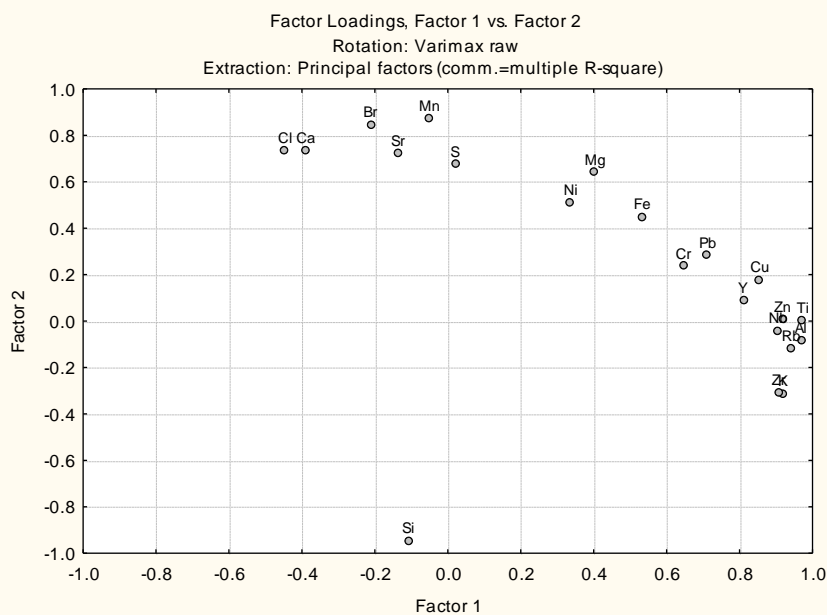
**Tabela VI.2-26 - Parâmetros de correlação das concentrações dos elementos analisados na sondagem LS6A.**

	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Pb
Mg	1.00	0.39	-0.59	0.06	0.14	0.22	0.61	0.47	0.05	0.77	0.14	0.09	0.48	0.53	0.65	0.39	0.77	0.65	0.26	0.45	0.35
Al	0.39	1.00	-0.01	-0.09	-0.55	0.97	-0.43	0.99	0.60	-0.10	0.45	0.24	0.85	0.95	-0.27	0.98	-0.15	0.85	0.96	0.94	0.69
Si	-0.59	-0.01	1.00	-0.76	-0.74	0.22	-0.62	-0.10	-0.40	-0.80	-0.59	-0.65	-0.27	-0.10	-0.79	0.02	-0.62	-0.14	0.22	-0.04	-0.37
S	0.06	-0.09	-0.76	1.00	0.77	-0.26	0.17	-0.04	0.62	0.36	0.83	0.91	0.07	-0.09	0.35	-0.20	0.06	-0.13	-0.29	-0.08	0.26
Cl	0.14	-0.55	-0.74	0.77	1.00	-0.72	0.53	-0.49	0.09	0.51	0.33	0.52	-0.30	-0.45	0.66	-0.62	0.34	-0.41	-0.73	-0.46	-0.10
K	0.22	0.97	0.22	-0.26	-0.72	1.00	-0.57	0.94	0.51	-0.30	0.32	0.10	0.76	0.89	-0.46	0.96	-0.31	0.78	0.99	0.90	0.59
Ca	0.61	-0.43	-0.62	0.17	0.53	-0.57	1.00	-0.35	-0.38	0.92	-0.19	-0.09	-0.21	-0.29	0.86	-0.39	0.95	-0.11	-0.54	-0.35	-0.16
Ti	0.47	0.99	-0.10	-0.04	-0.49	0.94	-0.35	1.00	0.60	-0.01	0.49	0.28	0.88	0.95	-0.19	0.97	-0.08	0.86	0.94	0.93	0.71
Cr	0.05	0.60	-0.40	0.62	0.09	0.51	-0.38	0.60	1.00	-0.05	0.91	0.84	0.52	0.56	-0.14	0.51	-0.29	0.35	0.45	0.53	0.59
Mn	0.77	-0.10	-0.80	0.36	0.51	-0.30	0.92	-0.01	-0.05	1.00	0.14	0.18	0.13	0.00	0.87	-0.09	0.94	0.14	-0.27	-0.05	0.17
Fe	0.14	0.45	-0.59	0.83	0.33	0.32	-0.19	0.49	0.91	0.14	1.00	0.96	0.47	0.41	0.02	0.34	-0.15	0.30	0.28	0.43	0.56
Ni	0.09	0.24	-0.65	0.91	0.52	0.10	-0.09	0.28	0.84	0.18	0.96	1.00	0.25	0.27	0.08	0.12	-0.12	0.15	0.06	0.26	0.34
Cu	0.48	0.85	-0.27	0.07	-0.30	0.76	-0.21	0.88	0.52	0.13	0.47	0.25	1.00	0.74	0.09	0.85	0.05	0.72	0.78	0.73	0.91
Zn	0.53	0.95	-0.10	-0.09	-0.45	0.89	-0.29	0.95	0.56	0.00	0.41	0.27	0.74	1.00	-0.18	0.93	-0.03	0.87	0.89	0.95	0.54
Br	0.65	-0.27	-0.79	0.35	0.66	-0.46	0.86	-0.19	-0.14	0.87	0.02	0.08	0.09	-0.18	1.00	-0.24	0.85	-0.05	-0.45	-0.23	0.21
Rb	0.39	0.98	0.02	-0.20	-0.62	0.96	-0.39	0.97	0.51	-0.09	0.34	0.12	0.85	0.93	-0.24	1.00	-0.10	0.80	0.95	0.93	0.69
Sr	0.77	-0.15	-0.62	0.06	0.34	-0.31	0.95	-0.08	-0.29	0.94	-0.15	-0.12	0.05	-0.03	0.85	-0.10	1.00	0.15	-0.27	-0.10	0.03
Y	0.65	0.85	-0.14	-0.13	-0.41	0.78	-0.11	0.86	0.35	0.14	0.30	0.15	0.72	0.87	-0.05	0.80	0.15	1.00	0.83	0.77	0.44
Zr	0.26	0.96	0.22	-0.29	-0.73	0.99	-0.54	0.94	0.45	-0.27	0.28	0.06	0.78	0.89	-0.45	0.95	-0.27	0.83	1.00	0.87	0.56
Nb	0.45	0.94	-0.04	-0.08	-0.46	0.90	-0.35	0.93	0.53	-0.05	0.43	0.26	0.73	0.95	-0.23	0.93	-0.10	0.77	0.87	1.00	0.59
Pb	0.35	0.69	-0.37	0.26	-0.10	0.59	-0.16	0.71	0.59	0.17	0.56	0.34	0.91	0.54	0.21	0.69	0.03	0.44	0.56	0.59	1.00

	correlações positivas com valores superiores a 0,70.
	correlações positivas com valores entre 0,60 e 0,70.
-0.66	só a negro - correlações negativas elevadas (entre -0,60 e -1,00)

**Tabela VI.2-27** - Valores ds Factor1 e do Factor2 para as diferentes variáveis consideradas na Análise Factorial dos resultados geoquímicos da sondagem LS6A

Variable	Factor Loadings (Varimax raw) (statistica-LS6A) Extraction: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Marked loadings are > .700000)	
	Factor 1	Factor 2
Mg	0.40161	0.64037
Al	<b>0.96983</b>	-0.08609
Si	-0.10816	<b>-0.94593</b>
S	0.02051	0.67560
Cl	-0.44781	<b>0.73348</b>
K	<b>0.91903</b>	-0.31402
Ca	-0.39046	<b>0.73378</b>
Ti	<b>0.97169</b>	0.00377
Cr	0.64569	0.23686
Mn	-0.05250	<b>0.87340</b>
Fe	0.53202	0.44925
Ni	0.33518	0.51100
Cu	<b>0.85410</b>	0.17791
Zn	<b>0.91874</b>	0.00798
Br	-0.21060	<b>0.84589</b>
Rb	<b>0.93988</b>	-0.11953
Sr	-0.13440	<b>0.72065</b>
Y	<b>0.81151</b>	0.08709
Zr	<b>0.90931</b>	-0.30619
Nb	<b>0.90414</b>	-0.04018
Pb	<b>0.71148</b>	0.28360
Expl.Var	9.39936	5.68995
Prp.Totl	0.44758	0.27095



considerando 21 variáveis nos resultados das análises geoquímicas da sondagem LS6A.

**Unidade I** - é constituída por materiais ricos em Si (valores mais elevados de toda a sequência - 40 - 43%) com teores baixos de Al (1,8 - 2,1%) (**Figura VI.2-102**), indicando uma forte componente quartzosa das areias dunares. De um modo geral estas areias revelam os teores mais baixos nos restantes elementos analisados com excepção para os pares K-Rb e Zr-Y (elementos com afinidade química), sugerindo a presença escassa de outros minerais para além do quartzo, como por exemplo feldspatos e zircões.

Salientam-se os baixos valores de Ca (<0,05 %), Mg (0,5%) e Sr (35 mg/kg) indicadores da fraca componente carbonatada destes materiais, tal como já se suspeitava. Se existiram resíduos biogénicos carbonatados, as características hiperácidas deste ambiente facilitaram a rápida dissolução e exportação os elementos em solução.

É neste segmento que se regista a menor influência marinha no sistema, comprovada pelos baixos teores de elementos considerados como “marine born elements” utilizados para estimar paleossalinidades, como o Br (<17mg/kg), Cl (<0,4mg/kg) e o S (<0,4mg/kg).

Estes materiais da unidade I apresentam uma composição química muito distinta dos actuais sedimentos superficiais actuais do interdunar (**Figura VI.2-102**) (ver descrição e discussão no capítulo da microescala), que apresentam maior enriquecimento em Al, K, Mg, Nb, Rb, Ti denunciador de uma presença importante de aluminossilicatos, constituintes dos sedimentos vasosos recentes. Estes são extremamente enriquecidos em Cr e Fe, bem como em outros metais pesados (Cu, Mn, Ni, Pb, Zn); o enriquecimento nos primeiros resulta da precipitação de uma crosta de óxidos/hidróxidos de Fe com incorporação do Cr, enquanto nos segundos se associa à maior capacidade de adsorção dos sedimentos ricos em aluminossilicatos e em matéria orgânica actualmente abundantes, na sedimentação actual.

Embora apenas com base na análise de quatro amostras e tendo consciência que este número é insuficiente para uma avaliação decisiva e completa das areias do Complexo Dunar Antigo, estes

resultados são pioneiros, fornecendo a primeira caracterização química efectuada nestes depósitos. Os resultados mostram sedimentos enriquecidos em componente quartzosa compatível com depósitos de praia/berma ou eólicos. No entanto, a diminuta influência marinha detectada (baixos teores de Br, Cl e S), bem como o baixo teor de Ca, Mg e Sr denunciador da reduzida componente biogénica carbonatada (actualmente abundante no perfil de praia), apoiam a hipótese de uma origem eólica para estes depósitos.

**Unidade II** - é formada por materiais com os teores mais baixos de Si e Al (**Figura VI.2-102**), evidenciando empobrecimento em componente inorgânico. Efectivamente, estes materiais são extremamente enriquecidos em matéria orgânica, chegando a atingir teores de cerca de 77 %. Embora as concentrações destes elementos maiores sejam extremamente baixas, servem de critério na distinção de dois conjuntos de materiais: Base - muito empobrecidos em Al (1,0 - 1,3 %) e Si (6 - 8%); Topo - empobrecidos em Al (1,4 - 2,0) e Si (13 - 21 %). Os primeiros correspondem a turfas grosseiras, correlacionando-se com períodos de maior terrestrialização do sistema (menor coluna de água), enquanto os segundos correspondem a uma sedimentação igualmente rica em matéria orgânica mas texturalmente mais fina (turfa limosa/lodo turfoso), depositada durante eventos de maior inundação do sistema, logo com maior profundidade da coluna de água.

A base da unidade II revela características invulgares, com um episódio (amostra LS6A 2,08-2,10) extremamente enriquecido em Cl, Cr, Fe, Ni, S. De facto, os teores de Cl, Ni e S são os mais elevados de toda a sequência. Apontam-se duas hipóteses para a ocorrência destas características:

1. abundante presença de sulfuretos - precipitação de sulfuretos diagenéticos em ambientes anóxicos de turfeira (contemporânea de forte influência de água marinha, deduzida pelos teores elevados de Cl e S);
2. ocorrência de um evento de exposição a ambiente oxidante análogo ao observado em 1995 - a evaporação do corpo aquoso conduziria à precipitação de vários compostos dissolvidos nas águas (óxidos, sais) e à posterior oxidação dos sulfuretos estáveis (diagenéticos) em ambiente redutor, libertando-se Fe e S; o primeiro precipitaria sob a forma de óxidos/hidróxidos de Fe (ricos em Cr, Ni), o segundo depois de oxidado (sulfato) recombina-se formando  $H_2SO_4$  induzindo a diminuição do pH (ver microescala, descrição dos Solos Sulfatados Ácidos - Acid Sulphate Soils). Este fenómeno de secagem da turfeira poderia igualmente impulsionar a formação de sais como gesso, anidrite, jarosite, alunite, halite, entre outros. Efectivamente, os três primeiros sais foram detectados nos sedimentos actuais. A presença destes sulfatos e halogenetos justificariam os teores elevados de S e Cl (elementos com origem marinha), certamente com presença mais marcante no passado.

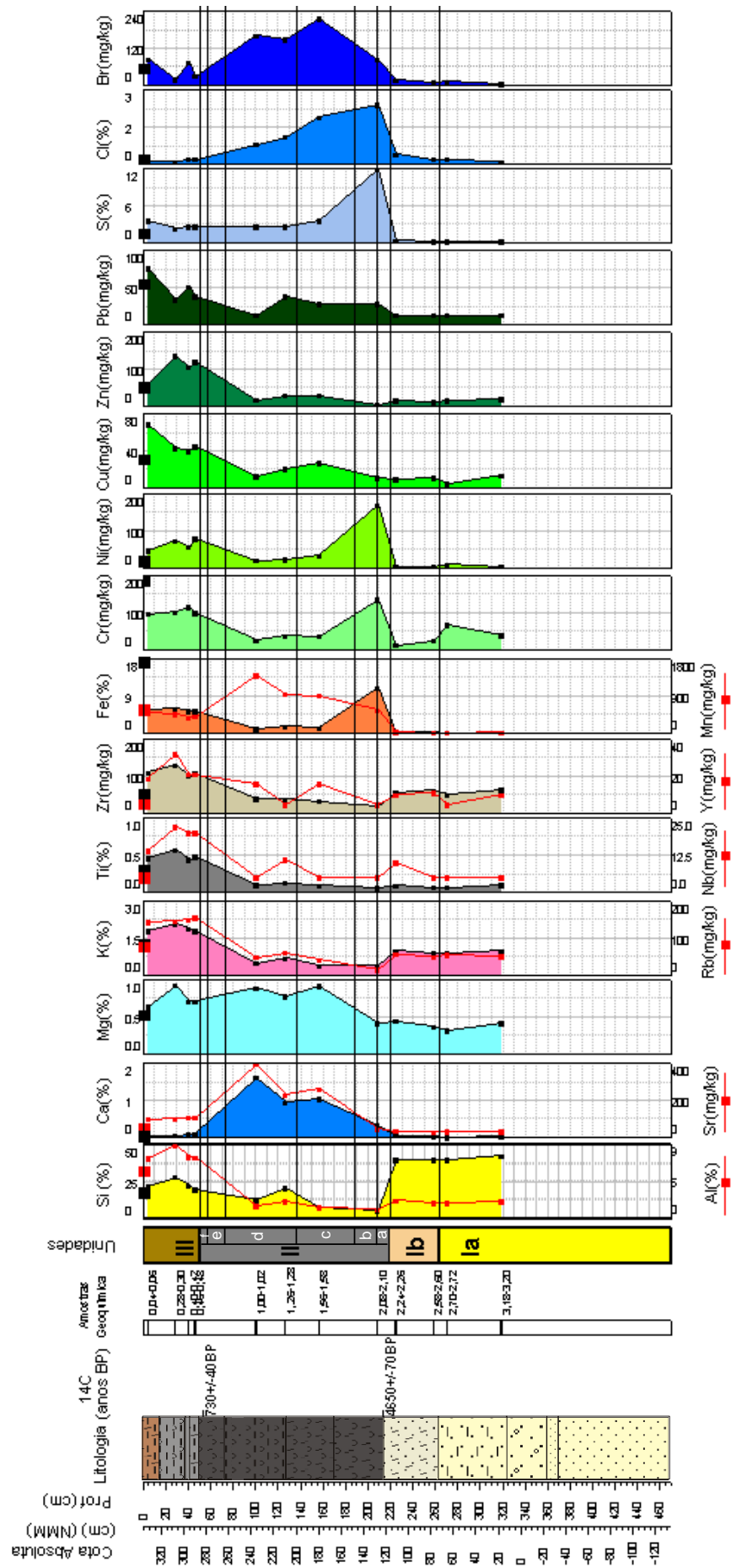


Figura VI.2-102 - Log, datações de radiocarbono, unidades e perfis verticais das concentrações dos elementos maiores, menores e traço da sondagem LS6A. As linhas horizontais a negro representam os limites entre unidades e subunidades. Os quadrados vermelhos e negros de maiores dimensões no topo dos gráficos assinalam as concentrações dos depósitos actuais registados na estação 1, considerada mais próxima do local da sondagem LS6A.

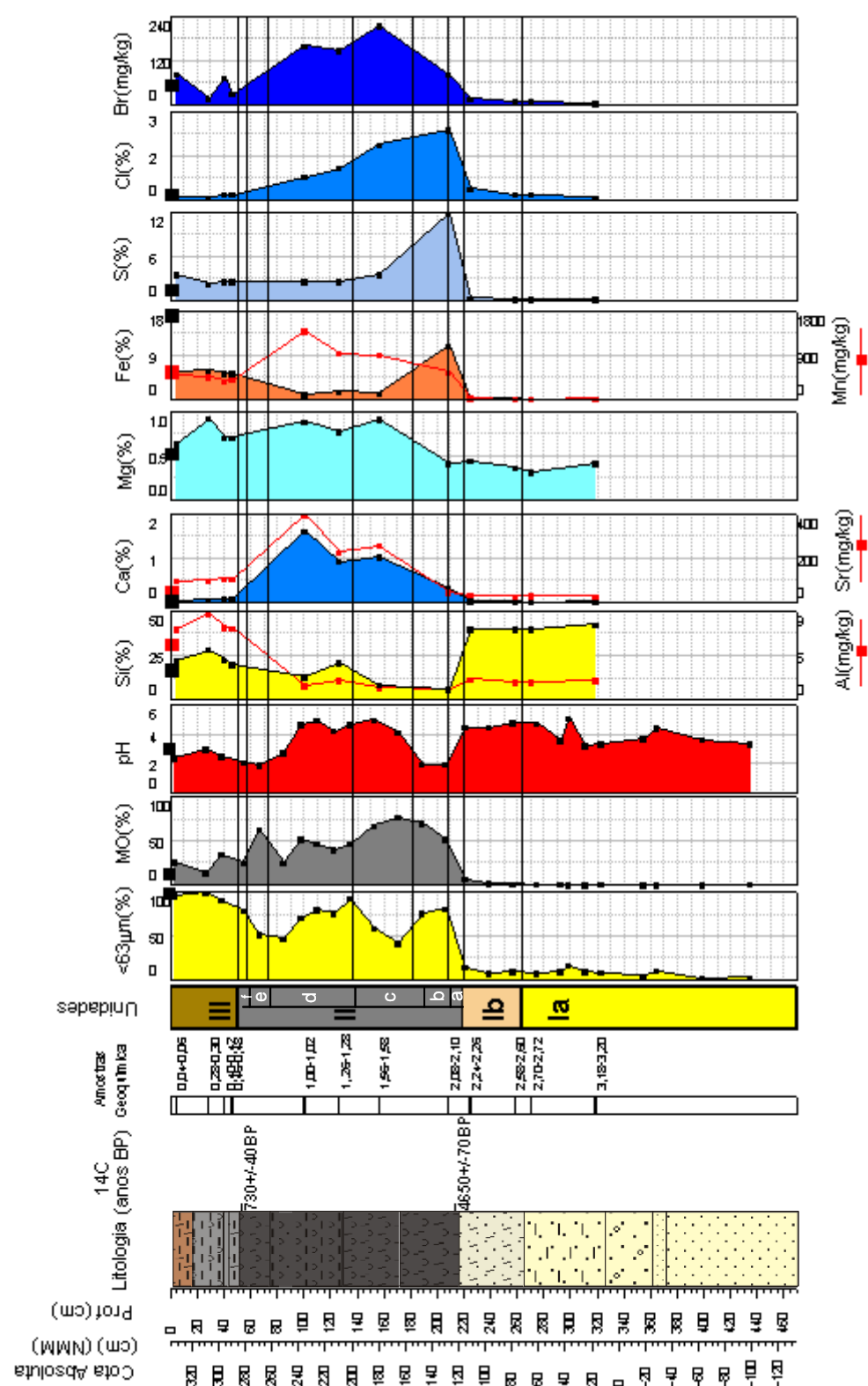


Figura VI.2-103 - Log, datações de radiocarbono, unidades e perfis verticais da % da fracção >63µm, da MO, do pH e das concentrações dos elementos maiores, menores e traço da sondagem LS6A. As linhas horizontais a negro representam os limites entre unidades e subunidades. Os quadrados vermelhos e negros de maiores dimensões no topo dos gráficos assinalam as concentrações dos depósitos actuais registados na estação 1, considerada mais próxima do local da sondagem LS6A.

A precipitação de sulfuretos em ambiente anóxico não implica a ocorrência de valores de pH muito baixos, pelo que não se consegue justificar com a 1ª hipótese os valores de pH <2 (**Figura VI.2-103**) observados, imediatamente acima dessa amostra nos níveis LS6A 2,06-2,08 e LS6A 1,88-1,90. No entanto, actualmente, a exposição dos sedimentos durante um longo período foi suficiente para baixar o valor do pH das águas da Sancha de 6 - 8 em 1988, para 3 em 2001 (ver microescala). Face ao exposto e por analogia com as características actuais verificadas após a secagem da Lagoa da Sancha, em 1995, aponta-se a 2ª hipótese como a mais credível. No entanto, persistem diferenças que carecem de ser esclarecidas: a assinatura geoquímica dos materiais contemporâneos dos eventos de secagem é rica em Cr e Fe, elementos que pressupõe a presença de componente mineral proveniente de formações litológicas básicas ou ultrabásicas (ricas por exemplo em olivinas e espinelas) ou de águas subterrâneas que ao circularem por essas litologias se enriqueçam nesses elementos. Nas formações aflorantes da bacia hidrográfica não se conhecem litologias dessa natureza, drenando 91 % em formações detríticas do Plio-quadernário, ricas em quartzo com forte presença de óxidos de ferro. Do mesmo modo se verifica que os sedimentos fluviais actuais não são enriquecidos nestes metais. Coloca-se então a hipótese que o Plio-Quaternário na sua heterogeneidade detrítica possa conter sem afloramento conhecido, níveis enriquecidos nestes elementos, provavelmente formados pelo dismantelamento de relevos antigos posicionados mais para leste e que por lixiviação vão enriquecer as águas subterrâneas nesses elementos. Posteriormente, são concentrados após o afloramento do nível freático na depressão da Lagoa da Sancha. O baixo teor actual de Ni faz pressupor que no passado, há cerca de 4500 anos BP, os fluidos portadores destes metais não estariam em equilíbrio com as formações, incorporando Cr, Fe e Ni. No entanto, actualmente a fonte já empobrecida em Ni apenas fornece em maior quantidade Cr e Fe, pelo que o sinal do primeiro não acompanha os segundos neste novo evento de secagem.

É nesta unidade que se registam os teores mais elevados de Ca (1,04 mg/kg), de Mg (0,92 mg/kg) e de Sr (396 mg/kg), bem como de Br (215 mg/kg) e de Cl (2,4 %), contrastando com os teores registados nas unidades que a limitam. É pois, durante este período, que a influência marinha terá sido mais importante (elevados teores principalmente de Br, Cl e S). Note-se que os níveis intermédios desta unidade (IIc e IId) com maior abundância de *alcalis* (Ca, Mg, Sr), revelam valores de pH, de forma geral, superiores a 4, contrastando com os valores inferiores a 2 das subunidades limítrofes. À data da deposição destes materiais, a influência marinha possibilitaria provavelmente a permanência de valores de pH certamente mais elevados, confirmados também pela associação a estes níveis de teores elevados de Mn. É sabido que este elemento, de elevada afinidade com o Fe, pode precipitar sob a forma de carbonatos -  $\text{MnCO}_3$ , em condições neutro-alcálicas (campo de estabilidade para valores de pH entre 7 e cerca de 10, em diferentes condições de oxidação-redução) ou substituir o ião  $\text{Ca}^{2+}$  no carbonato de cálcio.

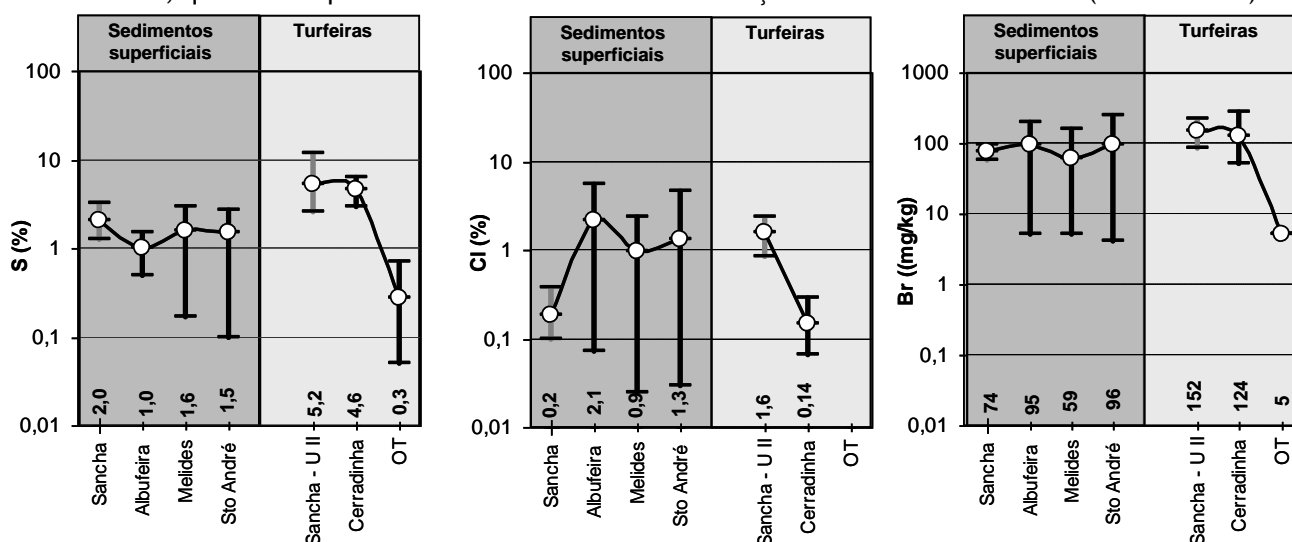
Na **Figura VI.2-104** efectua-se a comparação dos teores dos elementos com afinidade marinha (Br, Cl, S) entre:

- sedimentos superficiais (essencialmente vasosos) da Lagoa da Sancha e depósitos actuais de ambientes lagunares do SW alentejano com conexão temporária com o oceano (Lagoas de Albufeira, Melides e Santo André);

- materiais essencialmente turfosos da Lagoa da Sancha (unidade II) e materiais análogos de uma turfeira lagunar com cerca de 7000 anos, marginal da Lagoa de Santo André (sondagem Cerradinha - MOREIRA *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2010) e de uma turfeira de montanha sem influência marinha (“intermountain bog of Orihuela del Tremedal” - LÓPEZ-BUENDIA *et al.*, 1999).

A comparação imediata entre os dois tipos de materiais da Sancha - 1. superficiais e 2.Unidade II essencialmente turfosa - confirma que os segundos se depositaram sob influência de um hidrossoma de características menos doces que o actual, pois os teores médios dos indicadores de paleosalinidade - S, Cl, Br - são mais elevados, respectivamente 2,6 - 8,0 - 2,1 vezes nestes materiais. Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos encontrados na turfeira lagunar marginal da Lagoa de Santo André - sondagem Cerradinha (excepto para o Cl, mais elevado na Sancha) e naturalmente mais elevados que numa turfeira de montanha (OT) longe de qualquer influência marinha.

Os depósitos actuais têm teores de S mais elevados que os outros em análogos lagunares, provavelmente como reflexo de uma maior abundância de matéria orgânica na Sancha. No entanto, apresenta teores ligeiramente mais baixos de Cl e Br, reflectindo menor influência marinha actual no sistema, quando comparada com sistemas com comunicação efémera com o oceano (dias a meses).



**Figura VI.2-104** - Teores de S, Cl e Br, considerados como indicadores da influência marinha no sistema. As barras indicam o valor máximo e mínimo, com o teor médio assinalado pelo ponto branco.

**Unidade III** - A composição química destes sedimentos é mais enriquecida em Al (7,2-8,8 %), Si (20-28 %), K (1,8-2,1 %), Nb (14-22 mg/kg), Rb (143-156 mg/kg), Ti (0,4-0,6 %), Y (19-32 mg/kg) e Zr (102-131 mg/kg), consentâneo com o aumento da componente inorgânica, sendo muito semelhantes aos depósitos actuais de fundo da depressão interdunar da Sancha, marcadamente mais minerogénicos que os da Unidade II.

A presença de elementos com afinidade marinha (Br, Cl, S), bem como a dos associados à componente carbonatada (Ca, Mg, Sr) é menos notória que na unidade subjacente, indiciando uma diminuição da contribuição do ambiente oceânico durante a sua deposição. Embora se saiba que

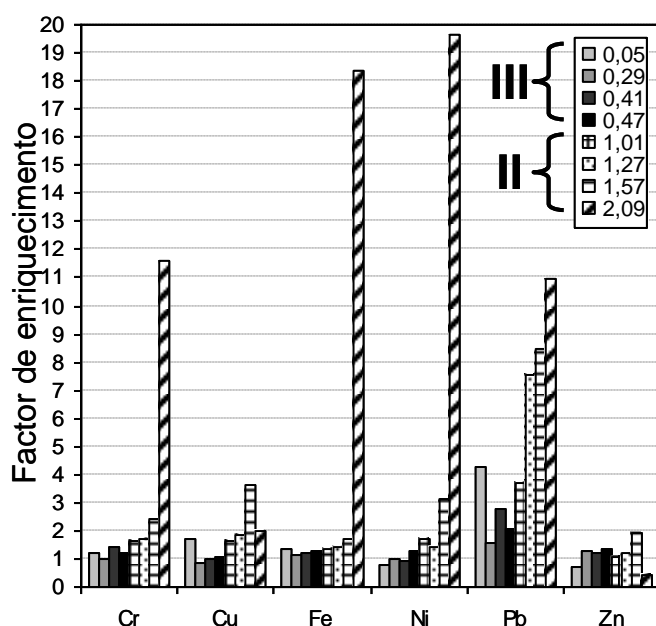


actualmente ainda se regista a entrada esporádica de água oceânica no sistema (ver caracterização físico-química da água lagunar no estudo a microescala), esta contribuição é definitivamente menos importante e regular nos nossos dias, atenuando-se a assinatura marinha no sistema.

Relativamente aos teores dos metais pesados (Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn) obtidos nesta unidade, todos superam os registados na unidade subjacente com a única excepção da turfa da base da unidade II (com um pico de Cr, Fe e Ni, já anteriormente discutido). No entanto, a evolução dos teores para a superfície não é igual em todos estes elementos. Podem destacar-se dois tipos de comportamento (**Figura VI.2-102**):

1. Evolução com teores dentro de um mesmo intervalo de valores (Cr, Fe, Mn, Ni, Zn);
2. Evolução com aumento dos teores próximo da superfície (Cu, Pb).

Efectivamente, quando se determinam os factores de enriquecimento (FE) relativamente ao Average Shale (equivalente textural destes sedimentos) e normalizados com o Al (**Figura VI.2-105**), verifica-se que o Pb é o elemento que nesta unidade mostra os FE mais elevados, podendo atingir valores próximos de 4. Relativamente ao Cu, embora o FE seja mais elevado à superfície, não ultrapassa o valor 2. Deste modo, o Pb é o único elemento que parece apresentar teores reveladores de entradas adicionais aos fluxos não antrópicos (naturais) deste sistema. As causas já foram discutidas anteriormente no estudo a microescala.



**Figura VI.2-105** - Factores de enriquecimento dos sedimentos das unidades II e III da sondagem LS6A, calculados normalizando com o Al e comparativamente com os teores do “Average Shale”. O nº de cada amostra corresponde à profundidade média do nível analisado.

Os FE substancialmente elevados obtidos para a unidade II, embora possam reflectir a realidade, principalmente para o nível 2,08-2,10 que se encontra enriquecido em Cr, Fe e Ni, ficam assim mais empolados como consequência dos valores muito baixos de Al comparativamente aos do “Average Shale”, pelo que este material não será o mais indicado como equivalente textural e composicional destes depósitos essencialmente turfosos, ricos em matéria orgânica.

De uma forma geral os sedimentos da unidade III são mais enriquecidos em Al, K, Rb e metais pesados comparativamente aos materiais fluviais afluentes (**Figura VI.2-106**), reflexo de uma textura mais fina, enriquecida em minerais de argila e em matéria orgânica, conferindo a estes materiais maior capacidade de adsorção. Apenas o Cr, Fe e o Pb excedem os valores de referência do “Average Shale” considerado como equivalente textural não poluído (Förstner & Wittmann, 1981).

A comparação entre os teores dos metais pesados Cr, Cu, Ni, Pb e Zn obtidos nos materiais da unidade II e III e os intervalos considerados na legislação portuguesa para a classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação (DR II, nº. 141, 21/6/1995), bem como com os teores dos sedimentos superficiais actuais (**Tabela VI.2-28**), revela que os materiais se enquadram, de uma forma geral, dentro das mesmas classes da classificação dos últimos, com excepção dos teores de Ni que se apresentam mais elevados nos sedimentos mais antigos, com teores que atingem a classe 4 (material contaminado). O Pb, embora com enriquecimento para o topo da sequência (FE = 4), sendo o único elemento revelador de possível contaminação antrópica, permanece com teores que enquadram estes materiais na classe 2, de ligeiramente contaminados.

**Tabela VI.2-28** - Intervalos dos teores (mg/kg) de alguns metais nas diferentes classes de contaminação definidas na legislação portuguesa que regulamenta o grau de contaminação dos materiais dragados (DR II, nº 141, 21/6/1995). As células coloridas em cada elemento assinalam na coluna central os intervalos onde se inserem os valores dos depósitos actuais (ver microescala), nas colunas laterais as amplitudes de valores obtidas na unidade II (coluna da esquerda) e III (coluna da direita).

Classe	Classificação	Cr			Cu			Ni			Pb			Zn		
5	Muito Contaminado		>1000			>500			>250			>1000			>5000	
4	Contaminado		400 - 1000			300 - 500		170	125 - 250			500 - 1000			1500 - 5000	
3	Moderadamente Contaminado	136	100 - 400	116		150 - 300			75 - 125	80		150 - 500			600 - 1500	
2	Ligeiramente Contaminado		50 - 100	97		35 - 150	69 40		30 - 75	49 38	50 - 150	76		100 - 600	135	
1	Limpo	26	<50		27 11	<35		21	<30		13	<50	34 30 5	<100	61	
Unidades da sondagem LS6A		II		III	II		III	II		III	II		III	II		III

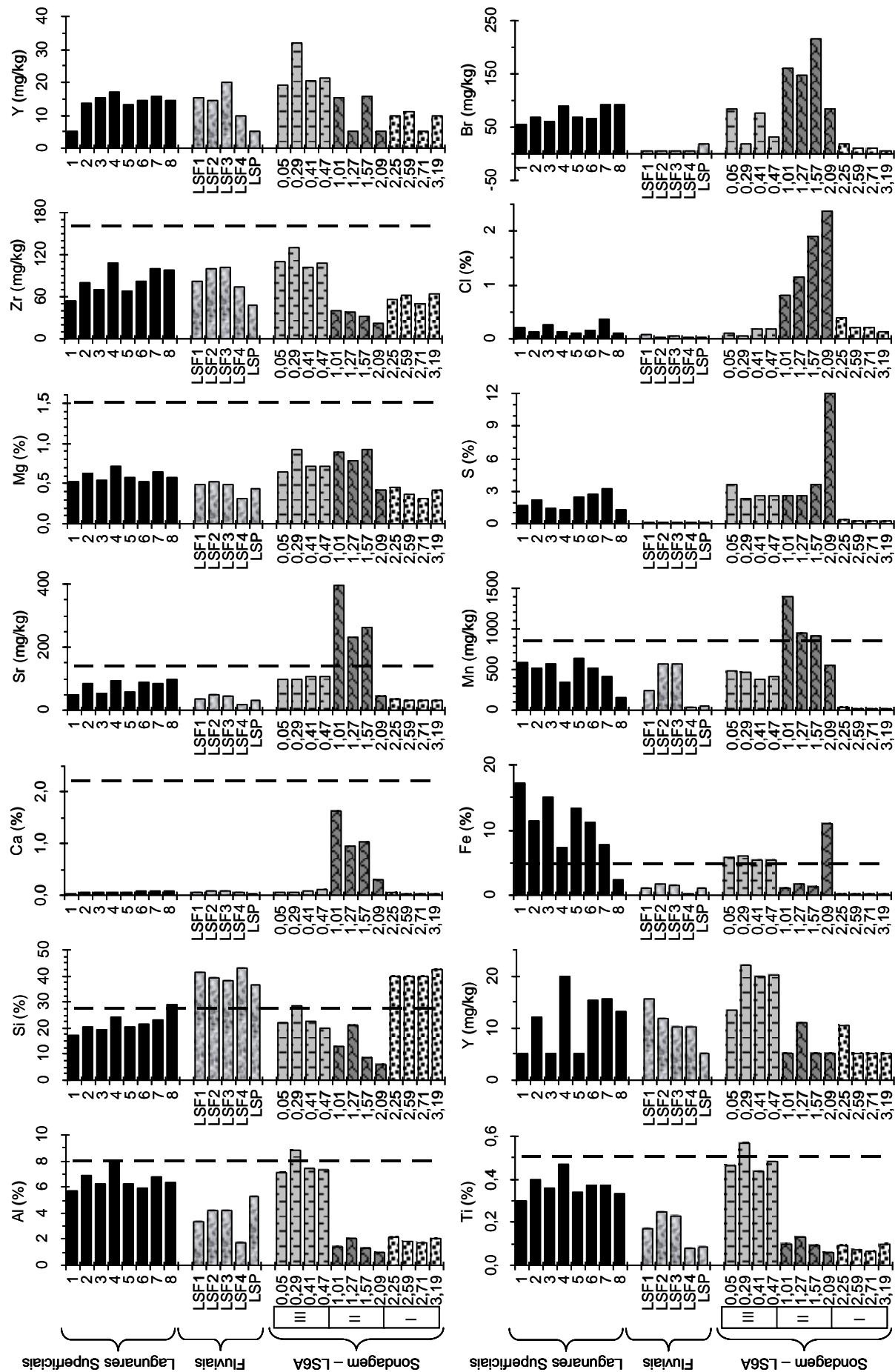


Figura VI.2-106 - Teores dos elementos maiores, menores e traço nos sedimentos superficiais actuais, fluviais e da sondagem LS6A da Lagoa da Sancha. A linha a tracejado indica os teores da referência internacional "Average Shale" considerado um sedimento não poluído (Förstner & Wittmann, 1981).

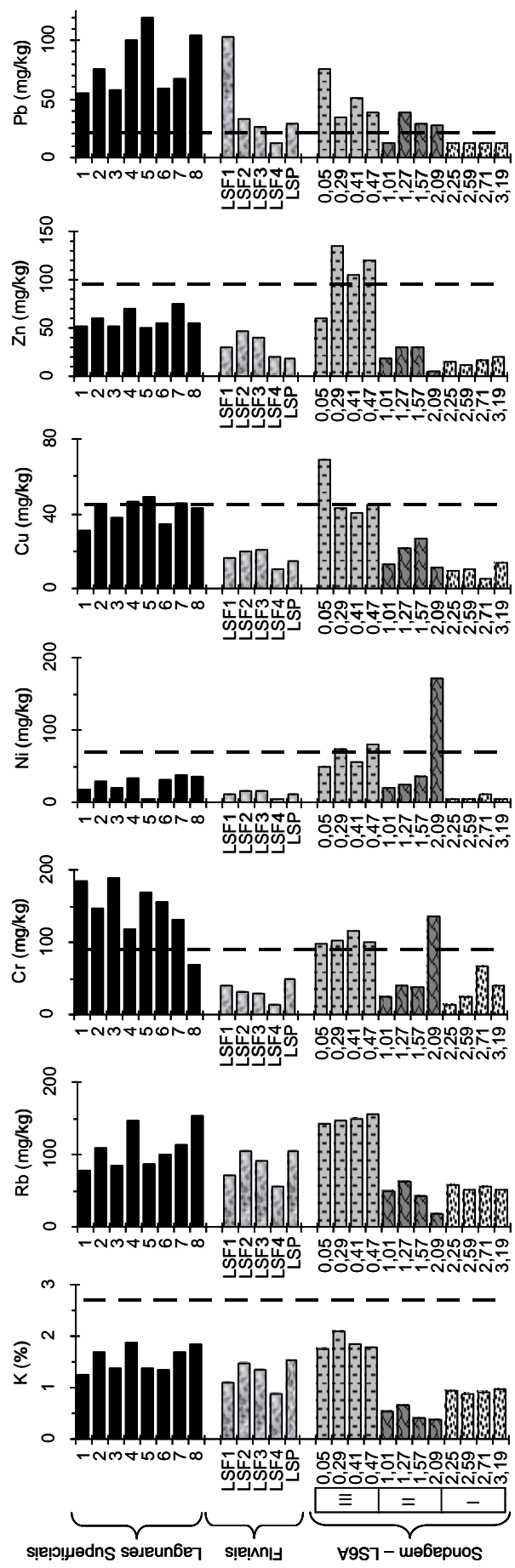


Figura VI.2-106 (continuação) - Teores dos elementos maiores, menores e traço nos sedimentos superficiais actuais, fluviais e da sondagem LS6A da Lagoa da Sancha. A linha a tracejado indica os teores da referência internacional "Average Shale" considerado um sedimento não poluído (Förstner & Wittmann, 1981).

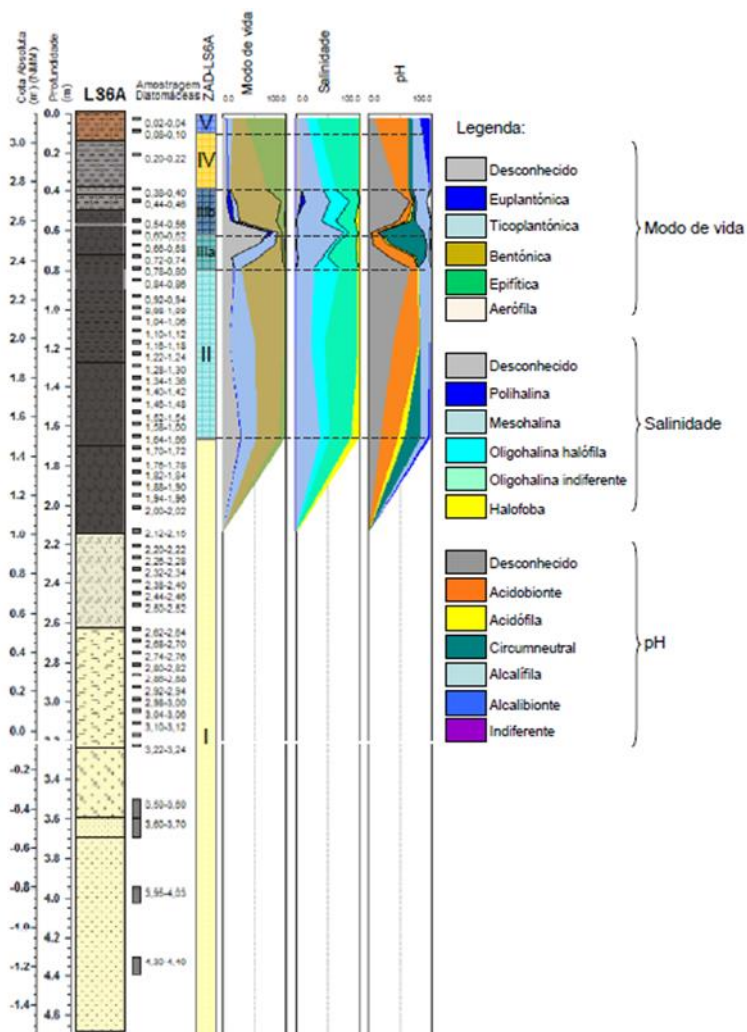
### C) Caracterização ecológica

FERREIRA (2006) efectuou o estudo ecológico do preenchimento deste interdunar com base nos sedimentos da sondagem LS6A, tendo definido 5 biozonas - ZONAS DE ASSOCIAÇÕES DE DIATOMÁCEAS (ZAD). A **Figura VI.2-107** resume os resultados obtidos pela autora, relativamente ao modo de vida, salinidade, pH, enquanto a **Figura VI.2-108**, apresenta as principais conclusões relativamente ao paleoambiente da sequência cronológica de LS6A com base nas 5 ZAD definidas.

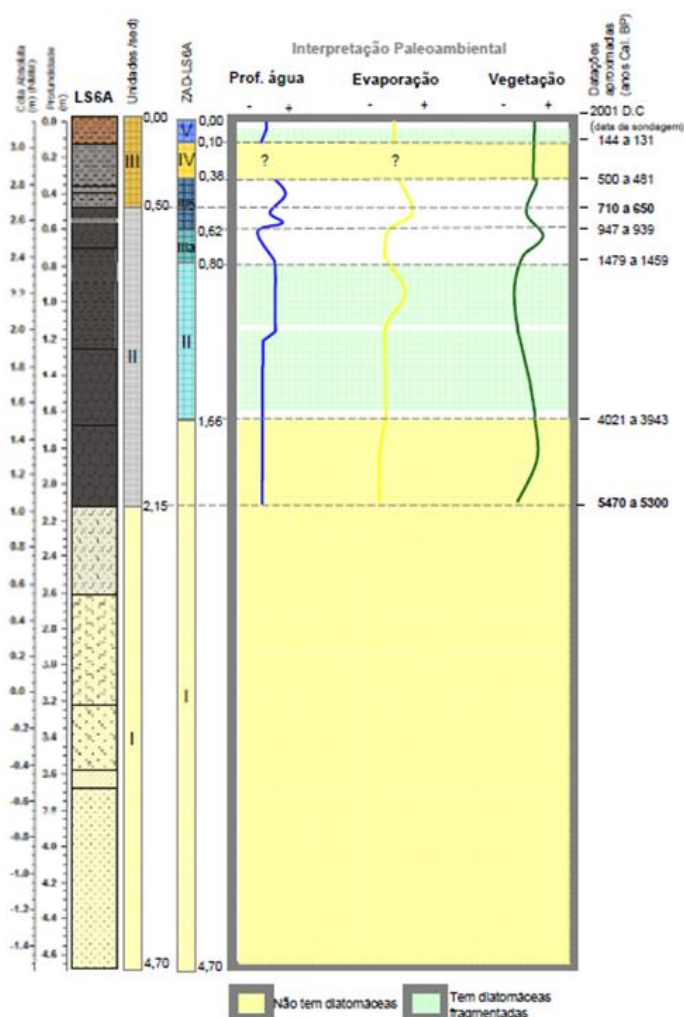
De forma resumida descrevem-se as principais características de cada ZAD e a respectiva interpretação paleoambiental:

**ZAD I (4,70-1,66 m)** - zona caracterizada pela ausência ou presença escassa de diatomáceas. No nível 2,12-2,15 o registo de diatomáceas é insuficiente para contagem e apresenta-se muito fragmentado, contendo fitólitos. Apenas no nível 1,82-1,84, surge pólen de Ericáceas, bem como fitólitos e Crisófitas. Os últimos dois indicadores vivem em águas doces, sendo muito comuns em ambientes ácidos, pobres em nutrientes. A interpretação atribui a deposição dos materiais desta ZAD num ambiente de turfeira com águas doces, ácidas, sem nutrientes suficientes para manter preservadas as carapaças das diatomáceas.

**ZAD II (1,66-0,80 m)** - zona com registo diatomológico apresentando maioritariamente diatomáceas do género *Fragilaria*, predominando formas bentónicas. Na base predominam espécies mesohalinas de ambiente acidobionte, enquanto no topo abundam as oligohalinas indiferentes. Esta zona sugere um ambiente de baixa profundidade da coluna de água inicialmente de características salobras passando a doces para o topo, sempre em condições ácidas.



ZAD V (0,10-0,00 m) - é neste troço que ocorre a maior diversidade de toda a sequência com predomínio de *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* var. *lineata* e *Fragilaria construens* f. *venter*. Predominam as espécies epifíticas, de água doce (oligohalinas indiferentes), de carácter acidobionte. No entanto, não se observam aqui as espécies mais frequentes das amostras superficiais: *Nitzschia paleaeformis*, *Nitzschia tubicola* e *Pinnularia acoricola*. Este facto demonstra a ocorrência localizada destas no nível mais superficial do actual fundo lacustre. A associação indica um ambiente oligohalino, ácido.



**Figura VI.2-108** - Interpretação paleoambiental da evolução da Lagoa da Sancha (a negrito, datações obtidas; outras, datações interpoladas e extrapoladas) (retirado de FERREIRA, 2006).

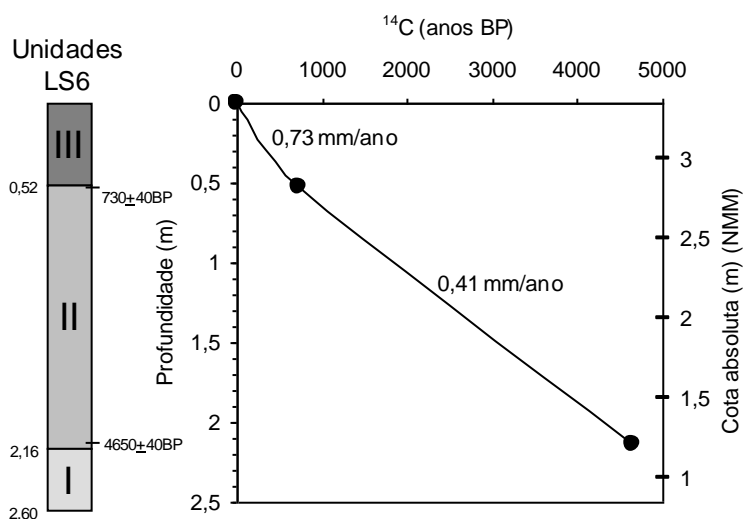
#### VI.2.4.2.2 Datação isotópica por $^{14}\text{C}$ e taxas de sedimentação

Nas 18 sondagens efectuadas no preenchimento orgânico deste interdunar seleccionaram-se dois níveis da unidade II da sondagem LS6 para datação - 0,52-0,54 m (topo, abaixo do contacto com a unidade III) e 2,13-2,15m (base, 1 cm acima do contacto com a unidade I) (**Tabela VI.2-29**), permitido inferir taxas de sedimentação de 0,41 mm/ano para a unidade II e de 0,73 mm/ano para a unidade III. A **Figura VI.2-109** ilustrativa do modelo de idades da sedimentação deste interdunar, indica uma sedimentação iniciada há cerca de 4600 anos BP (5438 cal BP), 1,20 m acima do actual NMM (unidade II) que quase duplicou durante a fase de deposição da unidade III, iniciada 2,84 m acima do NMM. Estas datações permitem-nos inferir a idade do início de cada evento de inundação/terrestrialização da unidade II (subunidades Ia, b, c, d, e, f) mais à frente discutidas na interpretação dos resultados. No entanto, face à variedade de valores obtidos para taxas de sedimentação no interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima, intervalo no qual se inserem os dois valores aqui obtidos, a obtenção de idades interpoladas para determinadas profundidades pode conter alguns erros, pelo que devem ser consideradas apenas indicativas.

A assinatura isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidas nas turfas da Unidade II são -27,6 ‰ e -27,7 ‰, encontrando-se entre -35 ‰ e -20 ‰, intervalo referido por GEYH & SCHLEICHER (1990) para materiais orgânicos continentais (madeira, carvão e turfa), corroborando uma origem continental para a sedimentação das turfas, tal como já referido para os interdunares anteriores.

**Tabela VI.2-29** - Idades radiocarbono e assinatura isotópica dos níveis seleccionados na sondagem LS6 da Lagoa da Sancha.

Código de Laboratório	Profundidade (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	Tipo de Material	Método	Idade Convencional $^{14}\text{C}$ (anos BP)	Idade calibrada - $2\sigma$ (cal BP)	Idade calibrada (cal BP)	$^{13}\delta\text{C}$ (‰)
Beta 194645	LS6 0,52-0,54	+2,84/+2,82	turfa	AMS	$730 \pm 40$	732 - 647 585 - 567	650	-27,6
Beta 194646	LS6 2,13-2,15	+1,23/+1,21	turfa	AMS	$4650 \pm 70$	5571 - 5556 5471 - 5305	5438	-27,7



**Figura VI.2-109** - Unidades definidas na sondagem LS6 da Lagoa da Sancha e modelo de idades para idades  $^{14}\text{C}$  convencionais.



### VI.2.4.2.3 Interpretação dos resultados

A interpretação da evolução deste interdunar far-se-á principalmente com base nas 13 sondagens do perfil E-W, definindo-se as unidades e subunidades principalmente através das sondagens LS6A e LS18, considerando-se como limites (profundidades/cotas) dos diferentes eventos os obtidos em LS6A mas com cronologia inferida a partir das datações radiocarbono e das taxas de sedimentação obtidas a partir da sondagem considerada sua réplica - LS6. Adicionam-se as interpretações definidas por FERREIRA (2006) com base no estudo das associações de diatomáceas, na sondagem LS6A. A **Figura VI.2-110** apresenta a comparação entre as unidades consideradas com base na sedimentologia e geoquímica comparativamente com as definidas por FERREIRA (2006), procedendo-se à respectiva interpretação paleoambiental para a evolução holocénica do preenchimento deste interdunar.

Resumem-se de seguida as principais características e respectiva interpretação paleoambiental:

**Unidade I (Profundidade = 4,70-2,20 m; Cota (NMM) = -1,34 a +1,16 m)**

**Até cerca de 4650±40 BP (5438 cal BP)**

Os resultados obtidos no estudo de várias sondagens efectuadas no enchimento sedimentar orgânico sugerem que esta depressão do Complexo Dunar Antigo constituía um “interdunar seco” (“dry dune slack”) (*Unidade I*), tendo-se iniciado o seu preenchimento, no ponto da sondagem LS6, há 4650±40 BP (5571-5305 cal BP) quando o nível freático no interior da depressão terá atingido ou excedido (pouco) a paleosuperfície topográfica (+0,91m - NMM) (**Figura VI.2-110, VI.2-111**). No entanto, o fundo da depressão apresenta a cota mais baixa de +0,36 m (NMM) no ponto da sondagem LS14, pelo que, se assumirmos uma sedimentação horizontal, a disponibilidade/permanência de água geradora de condições óptimas ao aparecimento das primeiras comunidades vegetais e à manutenção de um ambiente de turfeira (regime de paludificação) podem ter ocorrido antes de 4650 BP. A possibilidade de extrair valores de taxas de sedimentação, torna extremamente tentador a extrapolação da idade radiocarbono para este limite, pelo que assumindo uma contemporaneidade horizontal dos sedimentos, pode estimar-se o início da sedimentação em LS14 tendo em conta que o limite unidade I/II se encontra 61cm abaixo do nível datado em LS6 (LS6 2,13-2,15 = +0,98 a +0,96m - NMM). Deste modo, obtêm-se a data de 6138 anos BP (7243-6803 cal BP) para o início da acumulação de turfas nesta depressão. No entanto, salienta-se que no estudo dos Poços do Barbaroxa de Baixo e do Meio a presença de um nível de sedimentação fina minerogénica atribuído a um evento síncrono ocorre com diferenças altimétricas significativas, sugerindo que a deposição síncrona pode ocorrer com diferenças altimétricas de 68 cm no Barbaroxa de Baixo e de 26 cm no Barbaroxa do Meio. Note-se que a diferença entre a base da unidade II em LS6 e LS14 é de 61cm, espessura inferior à diferença altimétrica registada no Barbaroxa de Baixo, pelo que a base da unidade II em LS14 pode perfeitamente ser contemporânea da base de unidade II em LS6. A instalação das comunidades pioneiras de vegetação no depocentro da depressão contribuiu para o enriquecimento em matéria orgânica das areias dunares (Unidade Ib) que se caracterizavam por baixos ou nulos teores deste componente (Unidade Ia).

**Unidade II (Profundidade = 2,16-0,50 m; Cota (NMM) = +1,20 a +2,86 m)****Entre 4650+40 BP (5440 cal BP) e 730 BP (650 cal BP)**

Após o início da sedimentação turfosa nesta depressão, a posterior evolução ocorreu na dependência das oscilações do nível freático regional do aquífero livre superficial, instalado nas areias do Complexo Dunar Antigo; os depósitos da unidade II registam alternâncias entre sedimentos turfosos grosseiros e sedimentos turfosos mais finos/vasas turfosas; os primeiros correspondem a períodos de maior terrestrialização do sistema como consequência da diminuição da coluna de água, enquanto os segundos são contemporâneos de eventos efêmeros de inundação intensa (maior coluna de água) em que as plantas terão regredido para as margens. Os resultados de sedimentologia, geoquímica, paleoecologia e de datações de radiocarbono permitiram definir na unidade II três eventos de terrestrialização/secagem (subunidades IIa, IIc, IIe) alternados com três eventos de inundação (subunidades IIb, IId, IIf) (**Figura VI.2-111**).

**Subunidade IIa (Profundidade = 2,16-2,08 m; Cota (NMM) = +1,20 a +1,28 m)****Entre 4650 BP (5440 cal BP) e 4510 BP (5180 cal BP)**

Corresponde a um evento de reduzida espessura (12 cm - LS6A, cerca de 250 anos) de material muito orgânico grosseiro, hiperácido. Este período caracteriza-se por escasso registo diatomológico que sugere na sua base (2,12-2,15 m) um hidrossoma doce, ácido e pobre em nutrientes. Esta fase corresponderá à ascensão e afloramento do aquífero doce possivelmente como consequência da subida da cunha salina (elevação do nível médio do mar) mas a coluna de água deveria ser diminuta. No entanto, para o topo deve ter aumentado a influência marinha no sistema (galgamento?) tendo decorrido a deposição de turfas em contacto com um hidrossoma de características salobras/halinas, facto que se infere face à forte presença de elementos considerados com afinidade marinha (Br, Cl e S) no nível 2,08-2,10 m (**Figura VI.2-102**). A estes elementos associam-se teores elevados de Cr, Fe e Ni, o que faz suspeitar, por analogia com algumas características dos depósitos actuais da depressão (ver estudo a micro-escala) a ocorrência de importante evento de terrestrialização/secagem da turfeira, com eventual exposição importante dos depósitos, numa fase tardia desta subunidade, proporcionando a ocorrência da precipitação de óxidos e sais (cloretos e sulfatos), inibindo o desenvolvimento de diatomáceas (período sem registo diatomológico).

**Subunidade IIb (Profundidade = 2,08-1,82 m; Cota (NMM) = +1,28 a +1,54 m)****Entre 4510BP (5180 cal BP) e 3880 BP (4290 cal BP)**

Segue-se um intervalo de cerca de 900 anos com deposição de materiais igualmente orgânicos, muito hiperácidos (valores de pH 1,95-1,97) mas texturalmente mais finos (turfas lodosas/lodos turfosos), indicando uma sedimentação sob a influência de uma coluna de água importante (ambiente límico) - período de inundação. Mantém-se escasso o registo paleoecológico mas no topo da subunidade a presença

de fitólitos e crisófitas indica um hidrossoma doce, ácido e pobre em nutrientes, não existindo dados geoquímicos que completem esta descrição.

Os valores extremamente ácidos registados para este período devem ser consequência da exposição a ambiente oxidante ocorrida no final da subunidade anterior, que proporcionou a oxidação de sulfuretos anteriormente estáveis no ambiente redutor de turfeira. A dissolução de pirite disponibiliza S que se pode combinar posteriormente sob a forma de sulfato no novo hidrossoma, formando  $H_2SO_4$  e conduzindo à acidificação do meio (veja-se a acidificação do actual hidrossoma como consequência de um evento de exposição, ocorrido em 1995, dos depósitos superficiais ricos em S do interdunar - estudo a micro-escala).

**Subunidade IIc (Profundidade = 1,82-1,52 m; Cota (NMM) = +1,54 a +1,84 m)**

**Entre 3880 BP (4290 cal BP) e 3140 BP (3360 cal BP)**

Seguem-se cerca de 900 anos com retrocesso a condições de maior secagem da turfeira em que a anterior sedimentação fina é substituída por depósitos novamente mais grosseiros e orgânicos mas com valores de pH mais elevados (elevados teores de Ca, Mn, Sr), embora se mantenham ácidos. O conteúdo diatomológico indica uma turfeira em contacto com águas ácidas, mesohalinas, sendo esta última característica de igual modo confirmada pelos teores elevados de Br e Cl. Uma maior componente de mistura entre águas continentais e marinhas pode ser a justificação para a menor acidez do sistema.

Este período de maior terrestrialização da turfeira ("secagem"), corresponde a um avanço da vegetação periférica (típica da zona terrestre da turfeira) para dentro de um anterior perímetro de inundação (zona límnic) como consequência de uma acentuada descida da cota do nível de água dentro desta depressão dunar.

**Subunidade IIId (Profundidade = 1,52-0,73m; Cota (NMM) = +1,84 a +2,63m)**

**Entre 3140 BP (3360 cal BP) e 1220 BP (1160 cal BP)**

A sequência prossegue com novo e importante evento de inundação, de idêntica durabilidade temporal do registado em IIb, evidenciado por uma sedimentação orgânica fina. A contribuição marinha para o hidrossoma terá sofrido uma ligeira redução, comprovada pela diminuição dos indicadores de paleosalinidade e pela modificação da associação paleoecológica das diatomáceas que vê incrementar as espécies de afinidade oligohalina indiferente. No entanto, a comparação dos teores de Br e Cl e dos elementos alcalinos (Ca, Sr) com os actuais (**Figura VI.2-102**), sugere ainda alguma influência marinha. Importa realçar que é durante as subunidades IIc e IIId que se denota uma maior componente de mistura entre os sistemas marinho e continental, embora possa ter ocorrido um incremento dessa influência para o topo de IIId, num intervalo sem dados geoquímicos mas onde o conteúdo em diatomáceas sugere um incremento da evaporação (maior salinidade). Próximo do topo desta unidade - nível 0,81-0,90 m (+2,55 a +2,46 m - NMM) - destaca-se a ocorrência de uma pequena perturbação no registo límnic da subunidade IIId, entre 1630 e 1410 anos BP, onde avulta a adição de grãos de areia. Embora assinatura a minerogénica revele como fonte detritica próxima o cordão litoral ou o Complexo Dunar Antigo, esta oscilação sugere um aumento da intensidade dos ventos e/ou diminuição do coberto vegetal, como consequência de fenómenos de aridez (ver IV.3.3.4 mais à frente).

**Subunidade IIe (Profundidade = 0,73-0,57 m; Cota (NMM) = +2,63 a +2,79 m)****Entre 1220 BP (1160 cal BP) e 830 BP (790 cal BP)**

Neste pequeno intervalo temporal (390 anos BP) reúnem-se condições que conduzem a novo período de terrestrialização do interdunar com deposição de materiais orgânicos mais grosseiros, assumindo-se nova invasão da zona central pela vegetação marginal de maior porte. O conteúdo paleoecológico reforça esta interpretação, pois refere uma diminuição da coluna de água e um incremento na vegetação para este período, com predomínio de diatomácias ticoplanctónicas, de ambientes mesohalinos, predominantemente neutros, não existindo resultados geoquímicos que permitam corroborar estes dados.

**Subunidade II f (Profundidade = 0,57-0,50 m; Cota (NMM) = +2,79 a +2,86 m)****Entre 830 BP (790 cal BP) e 660 BP (610 cal BP)**

Este evento representa uma transição temporal de curta duração (170 anos BP) entre uma sedimentação orgânica tipicamente de maior terrestrialização do sistema (subunidade IIe) para a actual sedimentação límnica essencialmente minerogénica (Unidade III), apresentando características intermédias das unidades limítrofes mas mais próximas das vasas sobrejacentes. Este material essencialmente vasoso possui um conteúdo diatomológico predominantemente bentónico, representativa de condições mesohalinas e com pH neutro a ácido. Esta subunidade insere-se na base da ZAD IIIb coincidente com o período de incremento da profundidade da coluna de água. Mais uma vez não existem dados geoquímicos que permitam enriquecer a descrição das características deste evento de transição.

**Unidade III (Profundidade = 0,50-0,00 m; Cota (NMM) = +2,86 a +3,36 m)****Entre 660 BP (610 cal BP) e Actualidade**

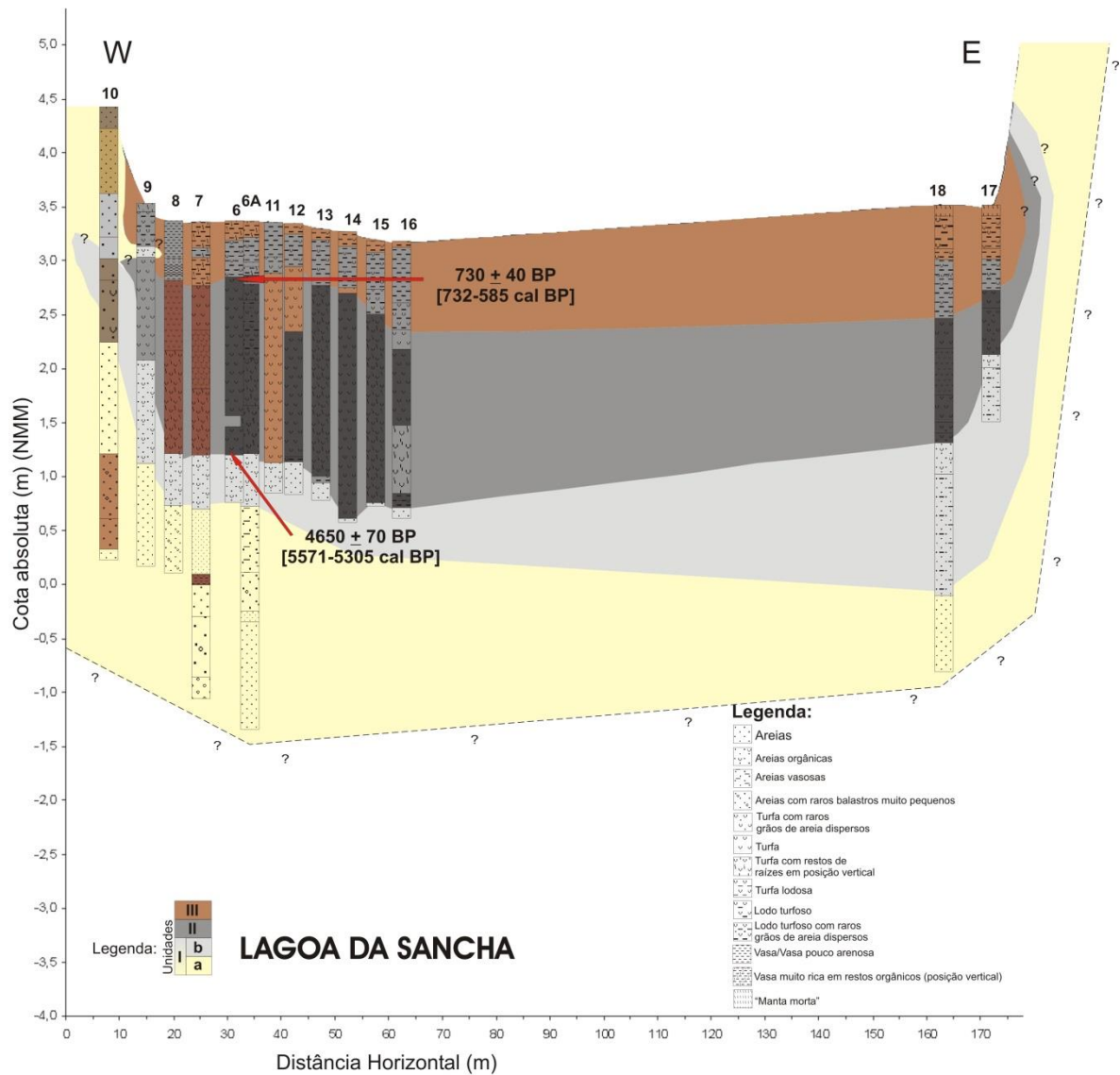
Os sedimentos vasosos desta unidade destacam-se dos depósitos anteriores nas suas características texturais e geoquímicas por corresponderem a uma sedimentação que, embora apresente teores muito elevados em matéria orgânica, é nitidamente mais minerogénica, facto comprovado pelo forte incremento da concentração dos principais elementos constituintes dos aluminossilicatos (Al, Si, K, Rb) e de outros com fortes afinidades continentais (Ti, Nb, Y, Zr). Importa ainda salientar que a esta unidade corresponde influência marinha notoriamente de menor importância que na fase anterior. Estes materiais, também presentes no topo das sondagens de prospecção mais a montante (Perfil I) e idênticos aos sedimentos actuais que revestem esta depressão, sugerem um forte acarreio terrígeno durante esta fase. Este tipo de sedimentos não está presente em nenhuma das sondagens dos outros três interdunares estudados (Poços do Barbaroxa). Infere-se, pois, a ocorrência de uma modificação paleoambiental importante provavelmente onde os factores forçadores locais devem ter desempenhado papel mais preponderante, em detrimento dos globais, na evolução recente deste sistema, embora existam constrangimentos locais que podem ter contribuído juntamente com as causas globais para uma tão singular assinatura nos depósitos deste interdunar nos últimos 660 anos. É importante referir que o início desta sedimentação ocorre a cotas mais baixas em LS18 (+2,23 m), com uma diferença altimétrica de -38 cm, valor próximo da diferença máxima registada de 35 cm nos depósitos superficiais actuais (LS18 - LS16 = 3,27-2,92 m, *Figura*

**VI.2.91, IV.2.111)**, pelo que se pode assumir que o início da unidade II em LS6A e LS8 seja contemporâneo. No entanto, esta diferença faz com que esta unidade tenha maior expressão (1,04 m) no bordo nascente do interdunar (LS18) contrastando com os apenas 0,50 cm no local de LS6A (**Figura VI.2-110**).

O carácter mais vasoso ( $\% < 63 \mu\text{m}$ ) dos depósitos, característica anteriormente considerada na distinção dos eventos de inundação, deve ser aqui reconsiderado. Enquanto nos eventos de inundação anteriores se infere um aumento da espessura da coluna de água (com retrocesso para as margens da vegetação de maior porte que circundaria uma zona mais ou menos central de deposição essencialmente límnic orgânica), agora este último e recente evento de inundação tem a si associado um forte acarreo terrígeno que soterra a totalidade da antiga turfeira, mantendo-se este fluxo terrígeno até à actualidade. Uma questão se impõe: A QUE OU A QUAIS MECANISMOS PODEM SER IMPUTADAS RESPONSABILIDADES PARA ESTA MODIFICAÇÃO? Podem apresentar-se várias hipóteses, onde factores isoladamente ou em conjunto promoveram/potenciaram esta modificação tardia tão particular, assistindo-se à quase duplicação da taxa de sedimentação, passando de 0,41 mm/ano (Unidade II), para 0,73 mm/ano (Unidade III), nos últimos 610 anos. Factores esses que podem ter um carácter mais local ou mais global:

- 1) Incremento da influência antrópica na bacia hidrográfica no sentido de potenciar a erosão hídrica, promovendo-se o acarreo detrítico para a depressão interdunar;
- 2) O início da sedimentação minerogénica terrígena - 1340 AD - coincide com o fim do Período Quente Medieval (aproximadamente no ano de 1300 AD) e o início da Pequena Idade do Gelo cuja fase principal, com repetidos avanços do gelo, ocorreu entre 1600 e 1860 AD (BROECKER & DENTON, 1989). Efectivamente, é neste período de retrocesso a condições de carácter mais glaciário, correspondente ao evento 0 de BOND (BOND *et al.*, 1999), que se regista o último grande período anamórfico do litoral português, caracterizado por forte assoreamento dos estuários e intensa construção de campos dunares (DIAS *et al.*, 2000). O robustecimento do cordão dunar frontal e o seu possível avanço para nascente sobre o Complexo Dunar antigo podem ter sido responsáveis pelo bloqueio da foz de um pequeno ribeiro que desaguaria directamente no oceano um pouco mais a sul da Lagoa da Sancha. Esse constrangimento terá obrigado a que na região vestibular o troço do ribeiro perdesse a sua orientação mais ortogonal à linha de costa (inferindo-se pela direcção do vale do Barranco dos Bêbados) e adquirisse um traçado N-S, confluindo para a depressão dunar e transportando materiais de uma pequena bacia hidrográfica, com cerca de 35 km<sup>2</sup>.

Embora as modificações associadas à segunda hipótese resultem de um factor global, a resposta dos sistemas de turfeira estudados não responderam de forma idêntica e as transformações observadas no interdunar da Lagoa da Sancha distinguem-no claramente dos restantes. Este tema será abordado e melhor explanado quando da integração dos resultados dos quatro interdunares (ponto VI.2.5).



**Figura VI.2-110** - Secção transversal do alinhamento de sondagens efectuada na depressão interdunar da Lagoa da Sancha, mostrando o enchimento sedimentar (escala vertical sobrelevada 20x).

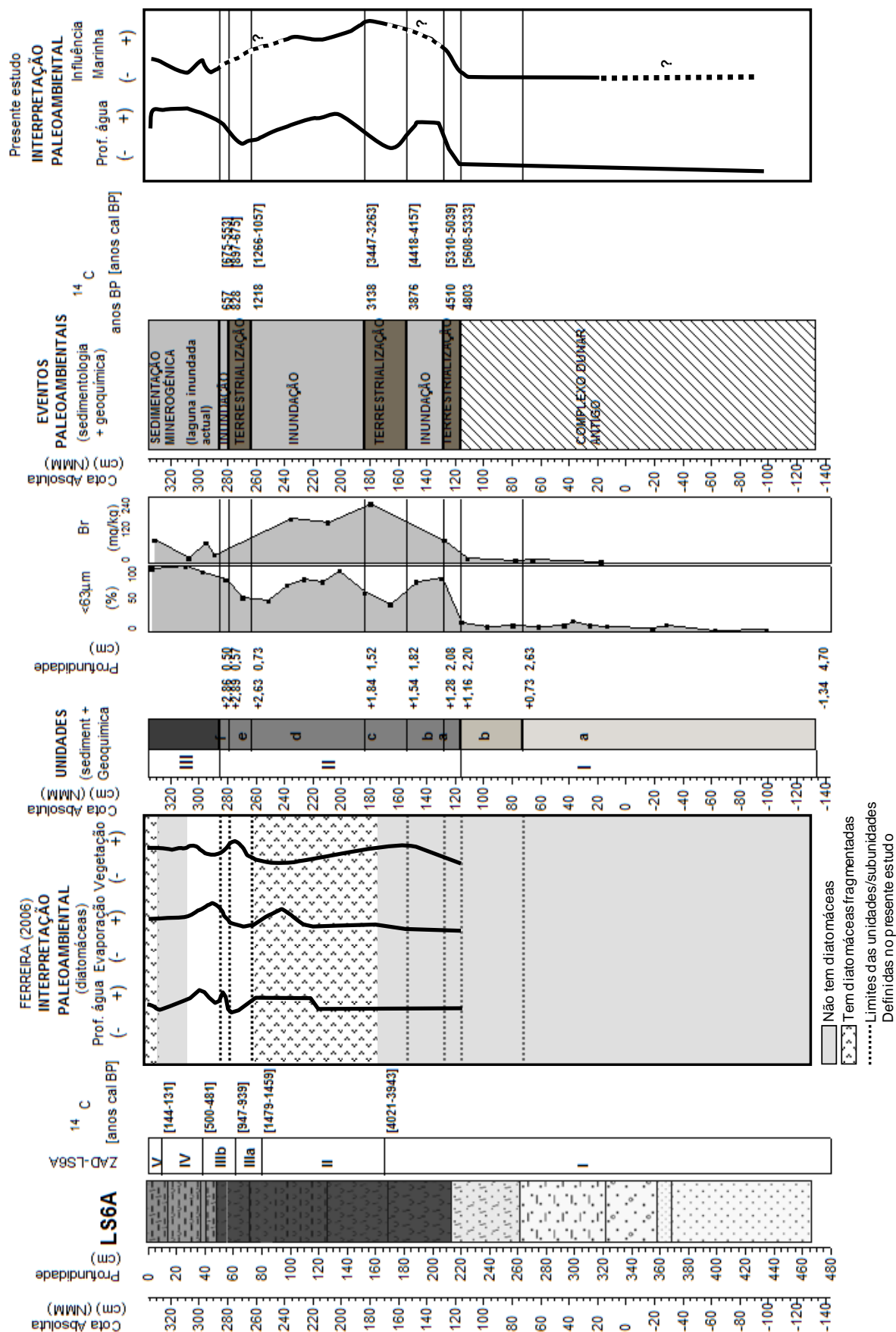


Figura VI.2-111 - Interpretação paleoambiental da evolução da Lagoa da Sancha com base nos resultados paleoecológicos (FERREIRA, 2006) e nos do presente estudo (sedimentologia e geoquímica).



## VI.2.5 INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS DAS DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS DOS 4 INTERDUNARES

Um aspecto menos positivo apontado aos estudos baseados em sondagens pontuais é que apenas se analisa um ponto em profundidade de um preenchimento que foi efectuado em 3 dimensões e cuja distância às fontes sedimentares é um factor preponderante no tipo de sedimento encontrado, bem como na espessura das diferentes unidades consideradas. No caso concreto de uma turfeira, a distribuição/posição das bandas concêntricas das distintas zonas ecofisiográficas pode sofrer oscilações em função dos níveis de inundação:

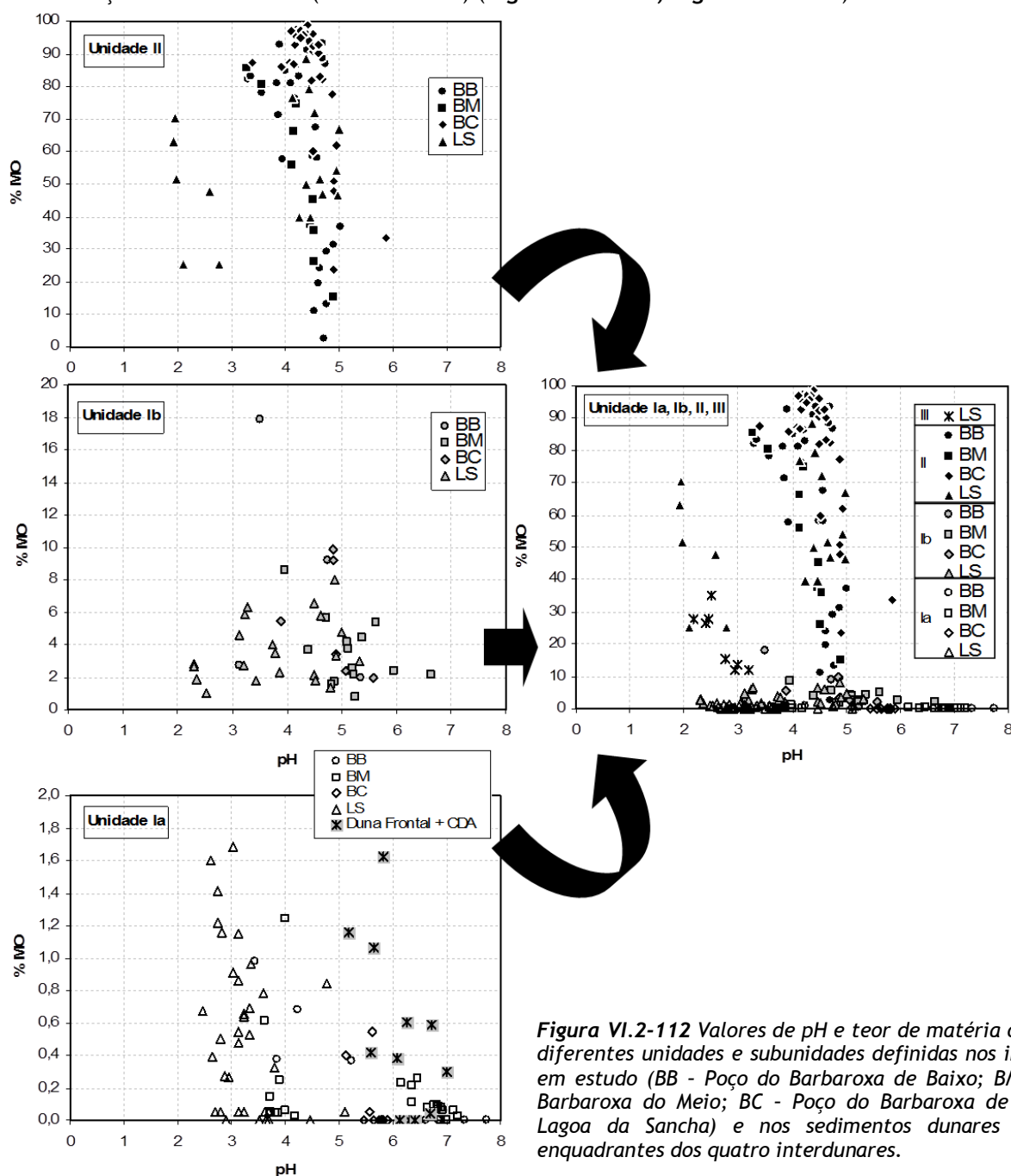
- **episódios de inunda o** - assiste-se   regressão do coberto vegetal para as margens quando ocorre a subida significativa do nível das águas, podendo a turfeira ficar completamente submersa, depositando-se sedimentos límnicos sobre a turfa;
- **episódios de terrestreiza o** - quando se assiste   diminui o da espessura da coluna de água (baixos níveis), a zona inundada pode reduzir-se a uma pequena “charca” ou mesmo secar completamente e se o evento for persistente a vegeta o marginal avança sobre a antiga zona de sedimenta o l minica, sobrepondo-se aos sedimentos vasosos depósitos grosseiros turfosos.

Pelo exposto, se percebe as condicionantes do posicionamento de uma sondagem: se mais marginal   zona da “charca” onde ocorre a deposi o dos sedimentos límnicos, podem não ser detectadas algumas oscila es do nível de água; por outro lado, mesmo que posicionada na zona mais central da turfeira, não quer dizer que estejamos na zona mais baixa topograficamente (veja-se actualmente o Poço do Barbaroxa de Baixo com a zona de sedimenta o lodosa, com um desnível de cerca de 1 m) encostada ao bordo oeste, embora no passado a sua posi o possa ter sido diferente. A op o no presente trabalho de fazer um estudo de várias sondagens num perfil transversal   depressão interdunar teve como objectivo obviar a desvantagem anteriormente referida. No entanto, a análise laboratorial não foi efectuada com a mesma resolu o em todas as sondagens, pelo que a interpreta o paleoambiental está obviamente controlada pelos resultados das sondagens cujo estudo foi mais detalhado. Outra dificuldade que se reporta   resolu o da amostragem é que pelo facto de não cont nuar, devolve resultados temporalmente fragmentados que se conjugam para fazer a interpreta o local e posteriormente para estabelecer compara es com outros ambientes análogos.

Pelo exposto, se entende que na compara o dos resultados obtidos nos quatro interdunares subsistem dificuldades e incertezas mas que mesmo assim   possível tecer considera es sobre a evolu o holoc nica deste segmento litoral, mais concretamente nos últimos 7000 anos BP, que facultam a percep o da resposta da faixa costeira face aos factores forçadores activos durante o mais recente período interglaciário. As oscila es climáticas e a subida glacio-eustática do nível do mar foram certamente os factores globais que mais fortemente condicionaram a evolu o destes sistemas, embora mais tardiamente se encontrem evidências de modifica es que podem ser imputadas às ac es antrópicas.

O preenchimento holocénico dos quatro interdunares estudados   constituído por uma/duas unidades litológicas (Litofácies) que assentam directamente sobre um substrato regional comum - as areias do Complexo Dunar Antigo. Estes materiais foram identificados como unidade I, correspondendo a

areias médias a grosseiras, maioritariamente moderadamente a moderadamente bem calibradas (**Figura VI.2-114, Figura VI.2-115**), sem carbonato de Ca, com valores diversos de pH (entre subalcalino a hiperácido), embora as da Lagoa da Sancha se destaquem por serem maioritariamente hiperácidas (**Figura VI.2-112, Figura VI.2-113**). Estas areias, inicialmente pobres em matéria orgânica, com valores inferiores a 2 % (subunidade Ia), enriquecem neste componente (%MO entre 0,8 - 10 %), atingindo excepcionalmente valores significativos (18 % - BB5) próximo do contacto com a unidade II, o que conduz a ligeira acidificação dos sedimentos (subunidade Ib) (**Figura VI.2-112, Figura VI.2-113**).

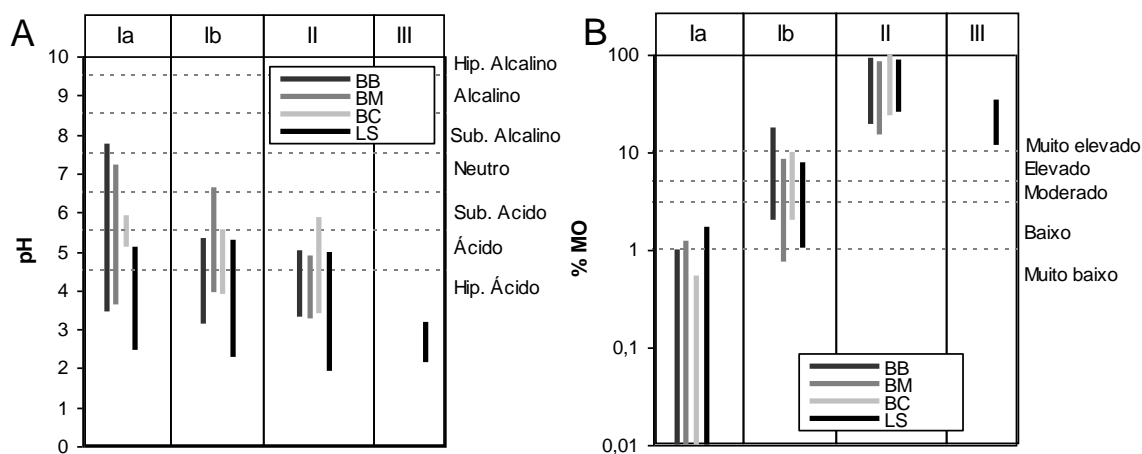


**Figura VI.2-112** Valores de pH e teor de matéria orgânica das diferentes unidades e subunidades definidas nos interdunares em estudo (BB - Poço do Barbaroxa de Baixo; BM - Poço do Barbaroxa do Meio; BC - Poço do Barbaroxa de Cima; LS - Lagoa da Sancha) e nos sedimentos dunares superficiais enquadrantes dos quatro interdunares.

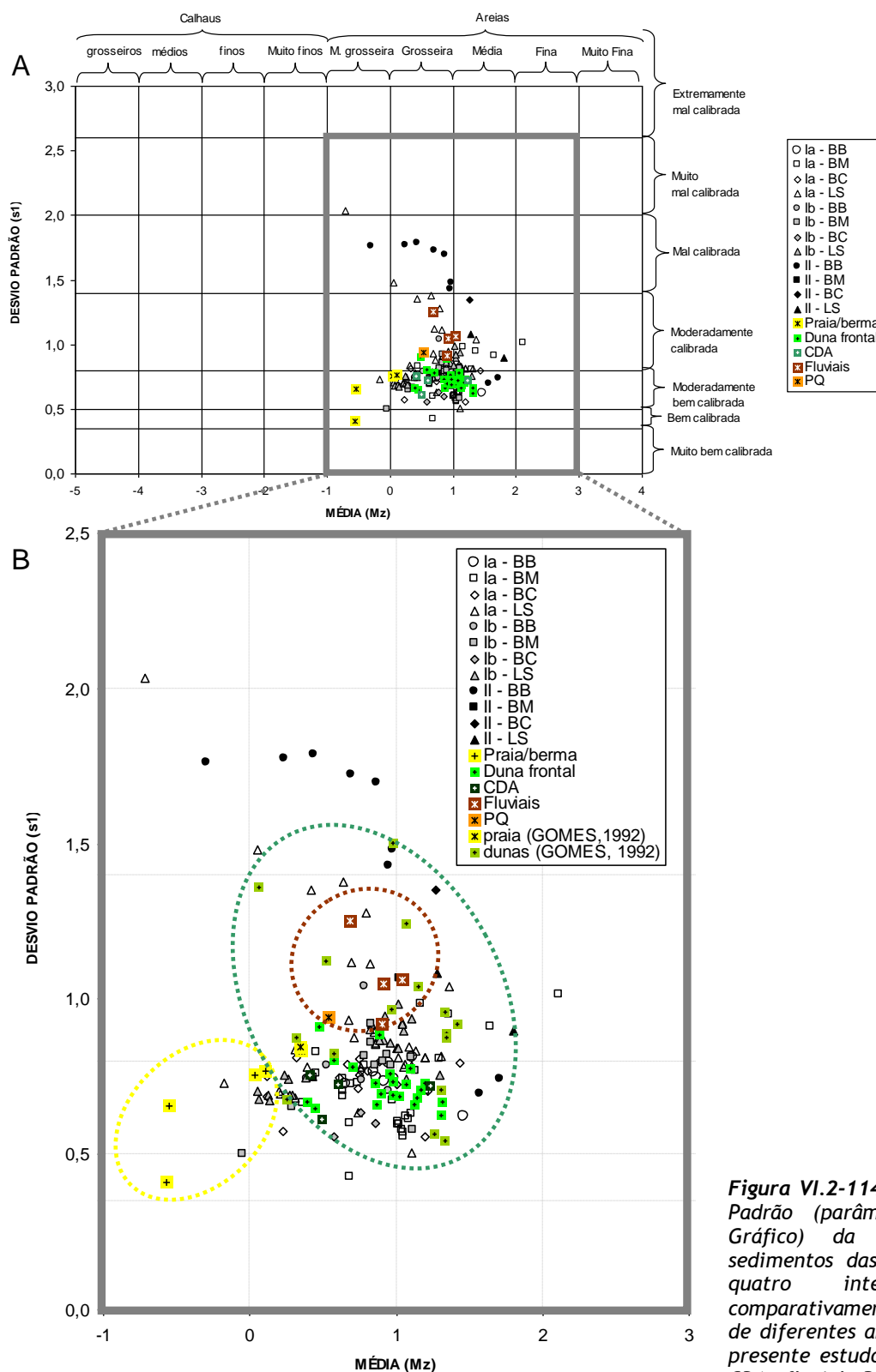
Texturalmente, a maior parte dos materiais pertencentes à unidade I apresenta características semelhantes aos sedimentos dunares actuais (**Figura VI.2-113, Figura VI.2-114**), o que indica uma origem eólica para estes depósitos. No entanto, nas sondagens da Lagoa da Sancha (LS7) a existência de

alguns materiais com menor calibragem (semelhante à registada nos materiais fluviais actuais - **Figura VI.2-114**) poderia sugerir alguma contribuição fluvial para o sistema mas alguns dos depósitos eólicos actuais apresentam igualmente uma calibragem deficiente, pelo que não se reconhecessem características distintivas suficientes para lhe atribuir uma génese fluvial. Por outro lado, a construção de um complexo dunar gerado pela acreção de múltiplos cordões dunares edificadas paralelamente a uma linha de praia antiga poderia permitir a “fossilização” dos sedimentos e da morfologia da praia antiga soterrada pela acreção de um novo cordão. No entanto, em nenhuma das sondagens foram encontrados sedimentos com características semelhantes aos actuais sedimentos de praia/berma. A comparação com materiais do CDA, do Plio-quaternário e do Miocénico local (materiais obtidos numa sondagem “longa” (PP) no interdunar do Poço do Pinheirinho - **Figura VI.2-115**) permite observar que existe uma grande semelhança entre os materiais da unidade I e os dois primeiros. Embora texturalmente os materiais do CDA se possam aproximar dos do Plio-quaternário a sua distinção é conseguida através da coloração, da mineralogia e do grau de compactação por resistência à penetração dinâmica (SPT) dos depósitos, que se revela alaranjada, mais diversificada e mais compacta, respectivamente nos depósitos plio-quaternários, enquanto os do CDA são mais esbranquiçados e essencialmente quartzosos.

O preenchimento orgânico das antigas depressões dunares inicia-se quando a subida do nível freático o coloca próximo ou acima da paleosuperfície topográfica, aumentando o teor de água disponível e permitindo a instalação de comunidades pioneiras. A permanência de humidade gera condições de paludificação, criando-se um ambiente de turfeira pela acumulam materiais orgânicos - unidade II. No entanto, o diferente posicionamento altimétrico da paleosuperfície dos interdunares (**Figura VI.2-116**) condiciona o início da paludificação em cada sistema. Deste modo, a sedimentação inicia-se mais cedo, há cerca de 7000BP (7500 cal BP), onde o fundo da depressão interdunar apresenta cotas mais baixas: Barbaroxa de Baixo (BB8A = -2,66 m - NMM) e de Cima (BC8 = -1,71 m - NMM); e 2500 anos mais tarde (há cerca de 4000 - 4500 anos BP) na Lagoa da Sancha (LS23 = +0,21) e no Barbaroxa do Meio (BM4 = +0,01 m - NMM), iniciando-se a acumulação da unidade II orgânica.

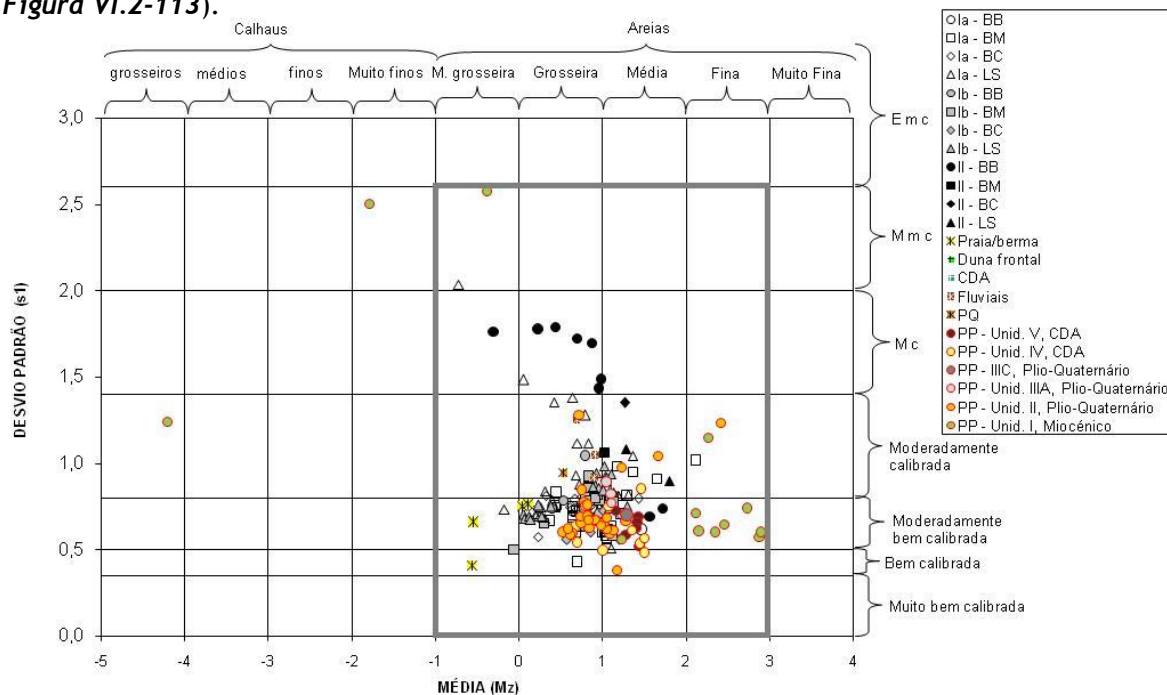


**Figura VI.2-113** Valores de pH e teor de matéria orgânica das diferentes unidades e subunidades definidas nos interdunares em estudo (BB - Poço do Barbaroxa de Baixo; BM - Poço do Barbaroxa do Meio; BC - Poço do Barbaroxa de Cima; LS - Lagoa da Sancha).



**Figura VI.2-114** - Gráfico Média versus Desvio Padrão (parâmetros obtidos pelo Método Gráfico) da componente grosseira dos sedimentos das unidades e subunidades dos quatro interdunares em estudo, comparativamente com amostras superficiais de diferentes ambientes recolhidas durante o presente estudo (praia, berma, duna frontal, CDA, fluvial, Plio-quaternário) e no trabalho de GOMES, 1992 (praia, duna - os resultados foram obtidos em amostras após descarbonatação e eliminação de matéria orgânica, pelo que a comparação deve ser efectuada com cautela).

A natureza destes depósitos orgânicos indica que este ambiente terá evoluído claramente na dependência das oscilações do nível freático regional do aquífero livre superficial, que corresponde às areias do Complexo Dunar Antigo. As características texturais e composicionais dos depósitos permitem tecer considerações sobre o nível de água na depressão: os mais orgânicos, turfosos, estão associados a níveis de água mais baixos, onde o processo de terrestreização e ocupação da depressão pelas comunidades vegetais é mais intenso (eventos de terrestreização), enquanto os mais lodosos indicam sedimentação contemporânea de períodos de maior inundação, com recuo da vegetação para as margens escassamente alagadas (eventos de inundação). Pode acrescentar-se que, de uma forma geral, os sedimentos da unidade II são muito ricos em matéria orgânica (>10 %), ácidos a hiperácidos (**Figura VI.2-112, Figura VI.2-113**).



**Figura VI.2-115** - Gráfico Média versus Desvio Padrão (parâmetros obtidos pelo Método Gráfico) da componente grosseira dos sedimentos das unidades e subunidades dos quatro interdunares em estudo comparativamente com amostras superficiais de diferentes ambientes recolhidas durante o presente estudo (praia, berma, duna frontal, CDA, fluvial, Plio-quaternário) e amostras de diferentes unidades (CDA, Plio-quaternário, Miocénico) estabelecidas na sondagem "profunda" - PP - efectuada no interdunar do Poço do Pinheiro.

O registo sedimentar orgânico nos quatro interdunares inicia-se por turfas grosseiras, sugerindo que o princípio da paludificação ocorreu num ambiente na depressão com predomínio de zona de sedimentação terrestre, onde o nível freático se posicionava abaixo ou muito próximo da superfície. Posteriormente, estes materiais ocorrem alternados com outros texturalmente mais finos (vasas turfosas/vasas), indicando que durante a evolução destas depressões ocorreram períodos com importante afloramento do nível freático tendo promovido a regressão da vegetação de maior porte para as margens, formando-se lagoas com zonas de águas profundas (>1 m) - sedimentação límnica.

Tendo em conta as alternâncias texturais/composicionais dos depósitos desta unidade, as idades radiocarbono disponíveis e as taxas de sedimentação estimadas, bem como informação paleoecológica adicional obtida por outros autores (QUEIROZ, 1999 - estudo polínico da sondagem BC(Q) do Poço do

Barbaroxa de Cima; FERREIRA, 2006 - estudo de ditomáceas da sondagem LS6A da Lagoa da Sancha), pode estimar-se os períodos de maior “inundação” e de “terrestrialização” (*Figura VI.2-117, Figura VI.2-118*). Foram identificados 7 períodos de maior terrestrialização correspondendo a períodos de baixo nível de água como consequência de períodos prolongados de maior aridez (menor precipitação) e/ou descida relativa do nível do mar.

O início do registo, em BC, é marcado por um período de “inundação” que segundo QUEROZ (1999) persiste, no Barbaroxa de Cima, até 4913 anos BP (5652 cal BP), tendo o seu máximo entre 6255 e 5882 anos BP (7146 e 6710 cal BP). No entanto, no registo BC2 e BB3 não são evidentes características que confirmem essa hipótese. Efectivamente, embora as sondagens pudessem localizar-se numa posição mais marginal e afastada do domínio límico, os materiais orgânicos muito grosseiros aí encontrados sugerem um período de relativa terrestrialização (EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 7), iniciado há cerca de 6410 anos BP, situação que se terá prolongado por cerca de 1000 anos.

O evento seguinte de terrestrialização (EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 6) com início há cerca de 4800 anos BP (5540 cal BP), embora temporalmente mais curto (cerca de 300 anos), tem um sinal evidente nos Poços do Barbaroxa (BB3 e BC2) cujos depósitos readquirem textura mais grosseira mas revela um sinal muito forte na Lagoa da Sancha. É neste período que se detectam características geoquímicas análogas às actuais (elevadas concentrações de Fe, Ni e Cr) que fazem adivinhar um extremo baixo nível da depressão com exposição a ambiente oxidante dos depósitos, anteriormente estáveis em ambiente redutor. O início e o fim deste evento de curta duração parecem ser síncronos nos interdunares. Segue-se um intervalo (4510 - 3867 anos BP / 5170 - 4320 cal BP) de retrocesso a condições mais húmidas, com todos os interdunares a registarem esta inversão, mesmo as sondagens consideradas mais marginais (BB3, BC2).

O período seguinte (EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 5) de retorno a condições mais secas prolonga-se até 3138 anos BP (3370 cal BP), sendo igualmente evidente em todos os registos. No entanto, em BB3 este sinal persiste no tempo, não se detectando o período de inundação seguinte (3138 - 2730 anos BP/3370 - 2820 cal BP), reforçando a ideia que esta sondagem se encontra posicionada em domínio semi-terrestre a terrestre e consequentemente distanciada do domínio de sedimentação límico. É de salientar que é próximo do final deste evento de terrestrialização, há cerca de 3300 anos BP (há 3267 anos BP em LS6A e há 3338 anos em BC(Q)), que se inicia a influência marinha nestes sistemas, sinal que se mantém durante os eventos de terrestrialização (2730 - 2365 anos BP/2820 - 2350 cal BP - EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 4) e inundação (2365 - 1774 anos BP/2350 - 1670 cal BP) seguintes. Esta assinatura marinha é confirmada, quer por evidências geoquímicas na Lagoa da Sancha - LS6A, quer, palinológicas no Barbaroxa de Cima - BC(Q). No caso da Lagoa da Sancha poderiam invocar-se os galgamentos oceânicos da barreira arenosa, face à proximidade deste sistema com o oceano, para este incremento dos elementos com afinidade marinha (Br, Cl, S). No entanto, o Poço do Barbaroxa de Cima está distanciada do mar cerca de 500 m e ladeada, a poente, por uma crista do Complexo Dunar Antigo que atinge cotas apicais entre 30 - 40 m, pelo que a justificação invocada anteriormente não é aqui aplicável. Embora nessa época as curvas do nível do mar em Portugal (DIAS, 2002; TEIXEIRA, 2005) mostrem que estaríamos já numa situação de quase estabilização, com cota próxima da actual, a verdade é que este sinal síncrono, obtido em dois interdunares, com utilização de indicadores paleoambientais distintos (geoquímica e pólenes), terá

de resultar certamente da mesma modificação ambiental. Na tentativa de justificar o carácter mais local/regional ou global deste sinal marinho no registo sedimentar, procurou comparar-se com os sinais existentes em sondagens de sequências holocénicas de outros sistemas de transição na região costeira vizinha, nomeadamente nas lagunas de Melides e Santo André. Em ambos os ambientes é notório o aumento da influência marinha no intervalo temporal aproximadamente 3500 -1000 anos BP:

- Na Laguna de Melides as sondagens efectuadas na barreira arenosa (MB, ME3, ME4, ME9) que isola o actual espaço lagunar (FREITAS *et al.*, 2002; ALDAY, 2004; CABRAL *et al.*, 2007), revelam que a instalação da mesma e a formação do espaço lagunar sucede pós 7000 anos. Na espessa unidade IV (que corresponde à acreção altimétrica da barreira arenosa) ocorre um evento de condições mais salobras/marinhas no intervalo aproximadamente entre 3700 - 700 anos BP (unidade IVB em MB e unidade B em ME3, ME4 e ME9).
- Na Lagoa de Santo André, na sondagem LSA (sequência do preenchimento plisto-holocénico do paleovale dos afluentes sul do actual sistema lagunar) a sedimentação lagunar (Unidade II) (entre 5380 e 3570 anos BP - subunidade IIA) inicialmente reveladora de um corpo lagunar de características maioritariamente doces vê aumentar a influência marinha no intervalo 3570 a 1620 anos BP (subunidade IIB). FREITAS *et al.* (2003) interpretaram que o robustecimento da barreira na fase inicial (subunidade IIA) seria maior, o que inibiria as trocas com o oceano e consequentemente o corpo lagunar tenderia a permanecer com maior assinatura continental. Pelo contrário, a fase seguinte (subunidade IIB) é interpretada como um período de fragilidade da barreira que poderia apresentar uma ou mais barras de maré, permitindo uma maior eficiência nas trocas entre o meio lagunar e marinho. Em consequência, no espaço lagunar interior aumentou a influência marinha em detrimento da fluvial.

Os dois eventos de terrestrialização posteriores (EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 3: 1774 - 1510 anos BP/1670 - 1380 cal BP; EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 2: 1100 - 900 anos BP/1010 - 840 cal BP) são de curta duração mas foram suficientemente persistentes pois deixaram evidências nas turfeiras, idênticos aos registados nos eventos análogos anteriores. Inclusive este 3º Evento de Terristrialização é também confirmado por indícios arqueológicos da urbe romana de Mirobriga (Chãos Salgados, Santiago do Cacém), a c.15 km da costa atlântica e da Lagoa de Santo André. Para se adaptarem a esta deterioração climática em 280 d.C. (= 1670 cal BP, T3) foram introduzidas alterações arquitectónicas em duas construções da área habitacional romana, para proteger os ocupantes de condições menos amenas (CRUCES *et al.*, 2011). O evento de inundação que se segue, entre 900 - 800 anos BP (840 - 710 cal BP), embora muito restrito temporalmente, foi definitivamente importante. Note-se que em BB3 e BC2, consideradas sondagens marginais, é notório o enriquecimento em componente fina, registando-se em BC2 a maior percentagem da fracção <63 µm de todo o registo. Efectivamente, no Poço do Barbaroxa de Cima esta inundação foi de facto notória e a “charca” é notada nas sondagens BC1, BC2, BC3, BC4, BC6, BC7, BC12 e BC14, posicionando-se a BC3 e a BC14 no bordo W e E da depressão, respectivamente. Este evento certamente encontra-se no Barbaroxa do Meio e na Lagoa da Sancha, embora não tivesse sido amostrado, como consequência da resolução definida para cada sondagem.



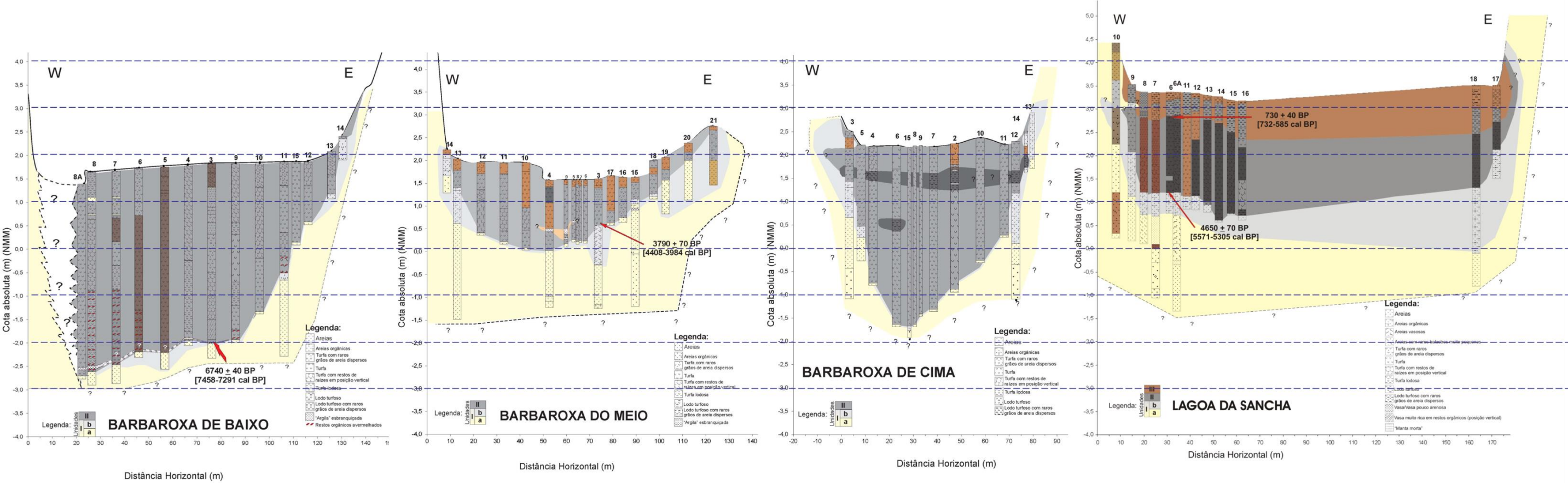
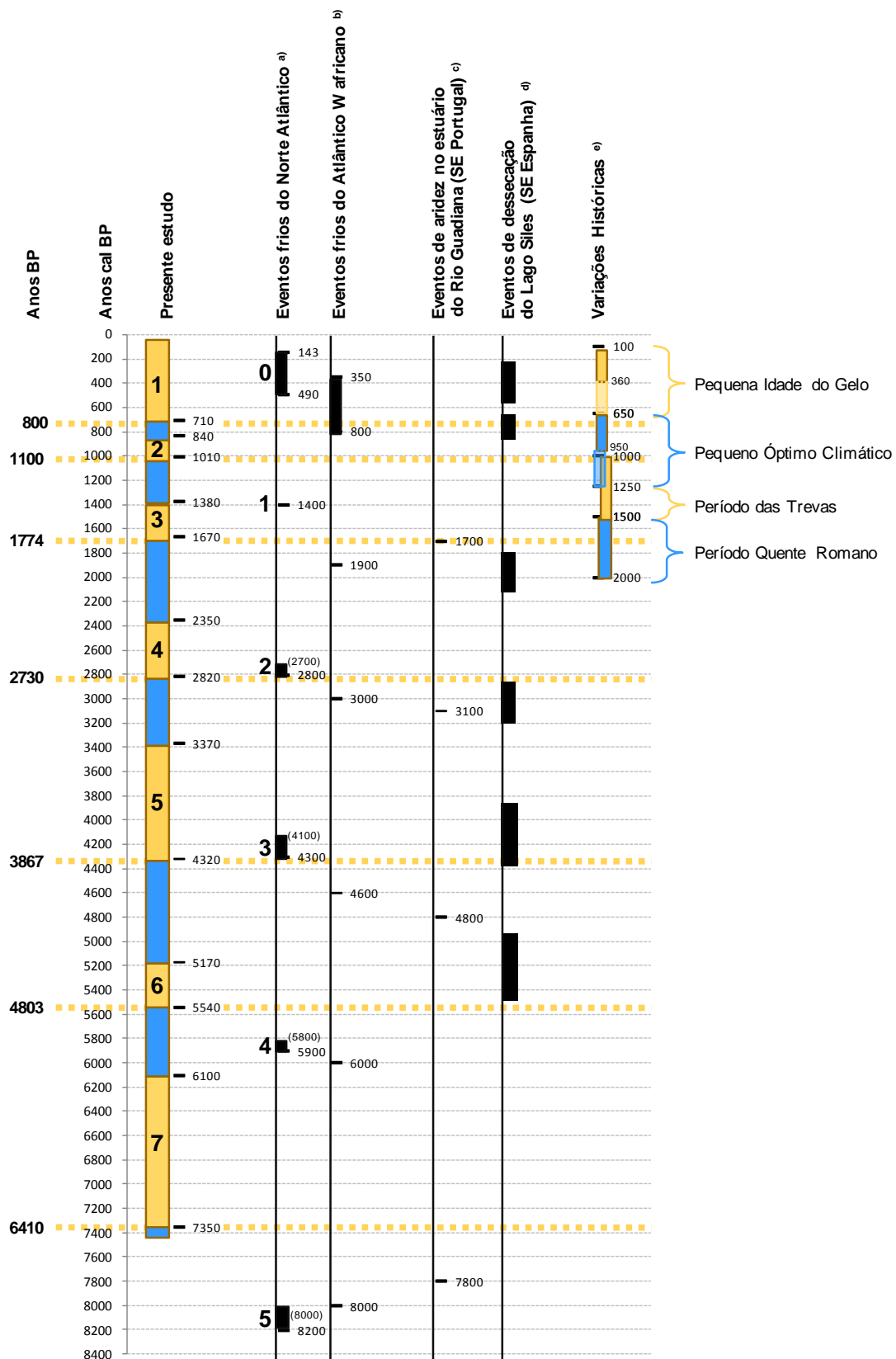


Figura VI.2-116 - Perfis interpretativos do preenchimento dos interdunares em estudo e seu posicionamento relativamente ao Nível Médio do Mar.







**Figura VI.2-118** - Comparação da cronologia dos eventos de terrestrialização (aridez) identificados no presente estudo com os eventos frios do Atlântico (<sup>a)</sup>BOND et al., 1997, 1999; <sup>b)</sup>deMENOCAL et al., 2000), com os eventos de aridez no estuário do rio Guadiana no S de Portugal (<sup>c)</sup>FLETCHER et al., 2007), com os níveis hídricos do Lago Siles no SE de Espanha (<sup>d)</sup>CARRIÓN, 2002), e com várias oscilações históricas (ver Capítulo III, <sup>e)</sup>ROBERTS, 2002).

Após este extremo evento de inundação os interdunares têm evoluído no sentido de uma redução da área inundada, pelo que entrámos no último evento de terrestrialização identificado (EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 1 - 800 anos BP - Presente/710 cal BP - Presente). De facto, actualmente ainda é possível visualizar áreas sem vegetação (zona límnic) dentro dos interdunares, onde se depositam lodos orgânicos/turfosos, embora as áreas dessas clareiras sejam relativamente reduzidas. Na Lagoa da Sancha, actualmente a que apresenta maior área inundada, sem vegetação, poderíamos ser induzidos a considerar um evento de “inundação”. Efectivamente, a simples visualização do gráfico da percentagem de finos, por revelar um acréscimo acentuado da fracção silto-argilosa, poderia induzir em erro o observador menos atento. Este aumento de partículas de menores dimensões resulta do aporte terrígeno, sedimentos essencialmente minerogénicos (Unidade III), provenientes da rede hidrográfica, em detrimento dos limos orgânicos dos anteriores eventos de “inundação”. Esta é uma modificação singular e única, que apenas se observa nos registos sedimentares da Lagoa da Sancha, mas por ser síncrona com a dos restantes interdunares resultará provavelmente de um factor global que induziu resposta distinta no sistema da Lagoa da Sancha (ver à frente explicação). Estes actuais depósitos têm assinatura geoquímica típica de materiais com proveniência continental, com concentrações elevadas de elementos litófilos: Al, K, Nb, Rb, Si, Ti, Y e Zr.

No geral, o estudo integrado do preenchimento orgânico dos quatro interdunares estudados permitiu identificar, durante o Holocénico, sete episódios milenares a submilenares de “terrestrialização”, com início nos registos a:

- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 1: 800 BP (710 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 2: 1100 BP (1010 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 3: 1770 BP (1670 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 4: 2730 BP (2820 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 5: 3870 BP (4320 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 6: 4800 BP (5540 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 7: 6410 BP (7350 cal BP).

Estes estão alternados com períodos que denotam aumento de condições de maior humidade (períodos de “inundação”). A identificação destas oscilações na fachada litoral ocidental portuguesa vem confirmar a instabilidade climática do Holocénico, período considerado durante muito tempo como relativamente estável. Os eventos identificados apresentam, do mais antigo para o mais recente, intervalos de recorrência de 1810, 1220, 1500, 1150, 660 e 300 anos cal BP, maioritariamente dentro do intervalo de ciclicidade estimada por BOND *et al.* (1997, 1999) de  $1470 \pm 500$ BP para os eventos frios que caracterizaram o Atlântico Norte (ver Capítulo III) após o último máximo glaciário. Estabeleceu-se a comparação cronológica (**Figura VI.2-118**) com eventos climáticos identificados na bibliografia em sequências sedimentares marinhas e continentais. No primeiro caso, comparou-se com os eventos frios detectados em sondagens no Atlântico Norte (BOND *et al.*, 1997, 1999) e no Atlântico W Africano (deMENOCAL, 2000), enquanto no segundo se comparou com eventos de aridez identificados através de registos polínicos do enchimento do

paleovale do rio Guadiana, sul de Portugal (FLETCHER *et al.*, 2007) e com eventos de dessecação do Lago Siles na região SE de Espanha (CARRIÓN, 2002). Os eventos frios detectados no oceano Atlântico resultam da adição de grandes quantidades de águas frias doces superficiais que conduzem à redução ou mesmo inibição total da produção da Água Profunda do Atlântico Norte (NADW). Ao reduzir a formação da água profunda, inibe-se a corrente oceânica responsável pela distribuição de calor, geradora de climas mais amenos e húmidos para as latitudes médias, como é o caso de Portugal. Deste modo, os eventos frios detectados no Atlântico Norte correspondem no continente a episódios frios e áridos, detectando-se na Península Ibérica modificação/redução do coberto vegetal passando a predominar nesses intervalos o *Pinus* e outras espécies como a *Artemisia*, a *Ephedra* e o *Juniperus* (SÁNCHEZ GOÑI *et al.*, 2000, 2002; FLETCHER *et al.*, 2007). As consequências das oscilações climáticas não se restringem a modificações do coberto vegetal, pois a redução dos níveis de humidade conduz igualmente à diminuição do volume de água armazenado nos corpos hídricos, registando os sedimentos lacustres uma diminuição da espessura da coluna de água (eventos de dessecação - baixos níveis lacustres, CARRIÓN, 2002). Nos interdunares em consequência, assiste-se a eventos de terrestrialização ou mesmo em casos extremos de exposição total (secagem da depressão).

A comparação dos eventos climáticos definidos no registo marinho e continental (**Figura IV.2-97**) nem sempre é exactamente coincidente, verificando-se ligeiros desfazamentos temporais. A obtenção dos intervalos de terrestrialização obtidos no presente estudo, face à variabilidade das taxas de sedimentação identificadas nestes ambientes, carece provavelmente de ajuste temporal dos seus limites, que poderá ser atingido com recurso a um maior número de datações. Não obstante, os 7 eventos de terrestrialização identificados nos últimos 7000 anos cal BP apresentam uma boa correlação com eventos climáticos definidos no registo marinho e continental, sugerindo que o estudo do preenchimento orgânico de interdunares húmidos da fachada ocidental portuguesa pode contribuir para a identificação de oscilações climáticas globais, nomeadamente as milenares, servindo de base para correlação com os registos obtidos noutros ambientes.

O estudo dos interdunares húmidos permite avaliar a resposta da faixa costeira aos factores forçadores globais e identificar os factores forçadores locais no registo sedimentar. No SW alentejano ocorrem eventos síncronos nas quatro interdunares estudadas mas também eventos singulares, ambos dignos de exame mais detalhado:

1. Ocorrência de um evento minerogénico “texturalmente fino” atípico detectado em BB e BM;
2. Aumento da presença de grãos de areia nos depósitos há cerca de 2500 anos BP;
3. A presença da unidade III na Lagoa da Sancha

**1. Ocorrência de um evento minerogénico “texturalmente fino” atípico detectado em BB e em BM**

Até ao momento, após pesquisa, o mais exaustiva possível, não encontrámos referência a nenhum depósito semelhante em domínio continental, em Portugal ou mesmo na Europa, ao registado nos Poços do Barbaroxa de Baixo e do Meio. A presença de um nível de reduzida espessura correspondente a uma vasa pouco arenosa de coloração esbranquiçada fez suspeitar inicialmente de

uma acumulação carbonatada (sedimentação límnica típica de ambientes lacustres eutróficos com substrato ou águas de escorrência ricas em carbonatos - LOWE & WALKER, 1999), cuja formação poderia resultar da precipitação a partir da coluna de água. Outra hipótese considerada, foi a possível acumulação de frústulas de diatomáceas, que originaria uma vasa siliciosa esbranquiçada, (acumulação típica de ambientes límnicos eutróficos ou oligotróficos, dependendo das exigências ecológicas das espécies - LOWE & WALKER, 1999). As análises efectuadas não confirmaram nenhuma das duas hipóteses adiantadas e o difratograma de RX permitiu o reconhecimento mineralógico do nível, que se revelou maioritariamente constituído por quartzo, alguma ortose, albite, ilite e caulinite.

Apresenta-se uma terceira hipótese para esta questão que levanta ainda alguma perplexidade. No entanto, antes de adiantar a possível causa, convém frisar alguns aspectos. A vasa esbranquiçada não é detectada em todas as sondagens, sendo observada em 6 das 16 sondagens realizadas em BB e em 3 das 21 efectuadas em BM, o que fortalece a ideia já anteriormente explanada que o estudo de perfis de sondagens é preferível ao estudo de um único testemunho. A posição altimétrica dos níveis não coincide e no caso concreto de BB parece reforçar a ideia que a sedimentação síncrona pode ocorrer a cotas diferentes (veja-se que o nível acompanha a paleosuperfície do fundo do interdunar), pelo que os níveis encontrados nas diferentes sondagens devem reflectir o mesmo evento. A posição estratigráfica deste depósito, abaixo do nível datado em BB3 (6470 anos BP), confere-lhe idade mais antiga, que de acordo com a taxa de sedimentação se projecta para próximo dos 6600 anos BP. A simples extrapolação da taxa de sedimentação para as restantes sondagens de BB atribui idades a este evento de 6400 anos BP em BB4 e de 7500 anos BP em BB8 e BB8A (*Figura IV.2.112*) mas este pequeno exercício obrigaria a que a sedimentação fosse horizontal, facto que já verificamos não ser verdade, pelo que a idade de 6600 anos BP obtida na sondagem BB3 e de 6400 anos BP na sondagem imediatamente mais próxima - BB4 - serão certamente as mais próximas da realidade. A detecção de evento tão invulgar em duas próximas faria prever que a sua idade fosse aproximadamente igual mas em BM a idade nas diferentes sondagens é de 4500, 4700 e 3800 anos BP, em BM4, BM9 e BM5, respectivamente (*Figura IV.2.117*), tendo-se ainda detectado um evento análogo mais antigo em BM9 datado de 5200 anos BP. No entanto, estas idades foram extrapoladas a partir de uma sondagem vizinha a BM3 onde não se identificou este depósito, pelo que sabendo que a sedimentação não é horizontal a determinação das idades vem afectada de grande erro que tende a aumentar com a distância à sondagem datada. Deste modo, a datação que estará mais próxima da verdadeira será possivelmente a de BM5 com 3800 anos BP.

A considerarem-se as datações para este evento em BB e em BM, surge aqui outra surpresa, embora o depósito seja semelhante nas duas depressões os eventos estão temporalmente distanciados cerca de 3000 anos. Mesmo com as incertezas inerentes à determinação da idade deste evento invulgar, é curioso notar que, em ambas as turfeiras (BB e BM), a idade do depósito coincide com o início de um evento de terrestrialização (*Figura VI.2-117*). Este facto levou a que se



equacionasse uma terceira hipótese como responsável para a sua génese, estando esta relacionada com a possibilidade de o depósito ter origem eólica.

Actualmente, o estudo da matéria particulada transportada pela massa de ar atmosférica que sobrevoa Portugal (ALMEIDA *et al.*, 2003, 2005, 2006a, 2006b, 2006c, 2008) indica sete possíveis áreas fonte: solos, mar, aerossóis secundários, tráfico rodoviário, combustão de hidrocarbnetos e carvão, emissão de Se/Hg. Estes estudos confirmaram que os eventos com níveis elevados de matéria particulada são registados durante episódios com ventos continentais de rumo sul, caracterizando-se por teores elevados de poeiras minerais (fontes naturais) com proveniência do deserto do Sahara e contribuições do interior da própria Península Ibérica (locais com menor densidade de coberto vegetal). Estas poeiras são ricas em elementos terrígenos como Al, Si, Sc, Fe, La e Sm (ALMEIDA *et al.*, 2005, 2008). As evidências do transporte e dispersão de poeiras provenientes do continente africano não se restringem à actualidade. Efectivamente, a informação polínica de vários estudos de sequências sedimentares obtidas em ambiente marinho (Atlântico e Mediterrâneo) e continental (Norte de África e sul da Europa), permitiram a MAGRI & PARRA (2002) confirmar o transporte de poeiras do norte de África e avaliar a dispersão das mesmas nos últimos 140 000 anos cal BP. No estudo foram utilizados como marcador principalmente os pólenes de *Cedrus atlantica*, com área fonte restringida ao Norte de África (montanhas de Maghreb a leste e nos relevos marroquinos do Atlas a poente), mas também os de Combretaceae e de *Calligonum*. A presença destes marcadores aparece maioritariamente associada às fases de instabilidade que afectam o final dos períodos interestaduais (períodos de melhoria climática) que antecede o início dos eventos frios (áridos nos continentes). A observação destes marcadores reveste-se de alguma dificuldade pois no registo polínico a sua abundância é muito baixa, sempre inferior a 1% do total dos pólenes continentais, tendo por isso uma distribuição esparsa, dificultando a sua identificação no registo.

Pelo exposto, o depósito minerogénico detectado em BB e BM pode corresponder à acumulação de poeiras atmosféricas provenientes de massas de ar intercontinentais como resultado da intensificação destes fenómenos atmosféricos nos períodos de instabilidade que antecedem os episódios frios.

## 2. Aumento da presença de grãos de areia nos depósitos a partir dos 2700 anos BP

Outro aspecto que merece destaque é o aumento dos grãos de areia dispersos nos depósitos orgânicos, ocorrência que se intensifica nos últimos 2500 anos BP (BB3 - 2496 anos BP; BM3 - 3461 anos BP mas maior intensidade a partir de 2000 anos BP; BC2 - 2531 anos BP). Esta adição minerogénica ao registo orgânico acontece a partir do evento de terrestrialização 4 e durante o período de maior influência marinha dos sistemas. Poderia interpretar-se como um aumento da intensidade do vento mas a sua persistência até à actualidade parece antes sugerir que o cordão dunar frontal se movimentou para nascente, aproximando-se das turfeiras. Inclusive a presença níveis arenosos já com expressão centimétrica (que se revelam mais abundantes e espessos próximos do bordo poente das depressões) nos depósitos orgânicos mais recentes, sugere nova aproximação do cordão dunar frontal em fase mais tardia.

### 3. A presença da Unidade III na Lagoa da Sancha

O carácter fortemente terrígeno desta unidade sem análogo em toda a sequência do preenchimento da depressão e ausente nos outros interdunares, faz-nos procurar diferenças entre este interdunar e os restantes. Uma das maiores diferenças é a existência de bacia de drenagem neste último, embora com apenas 35km<sup>2</sup>.

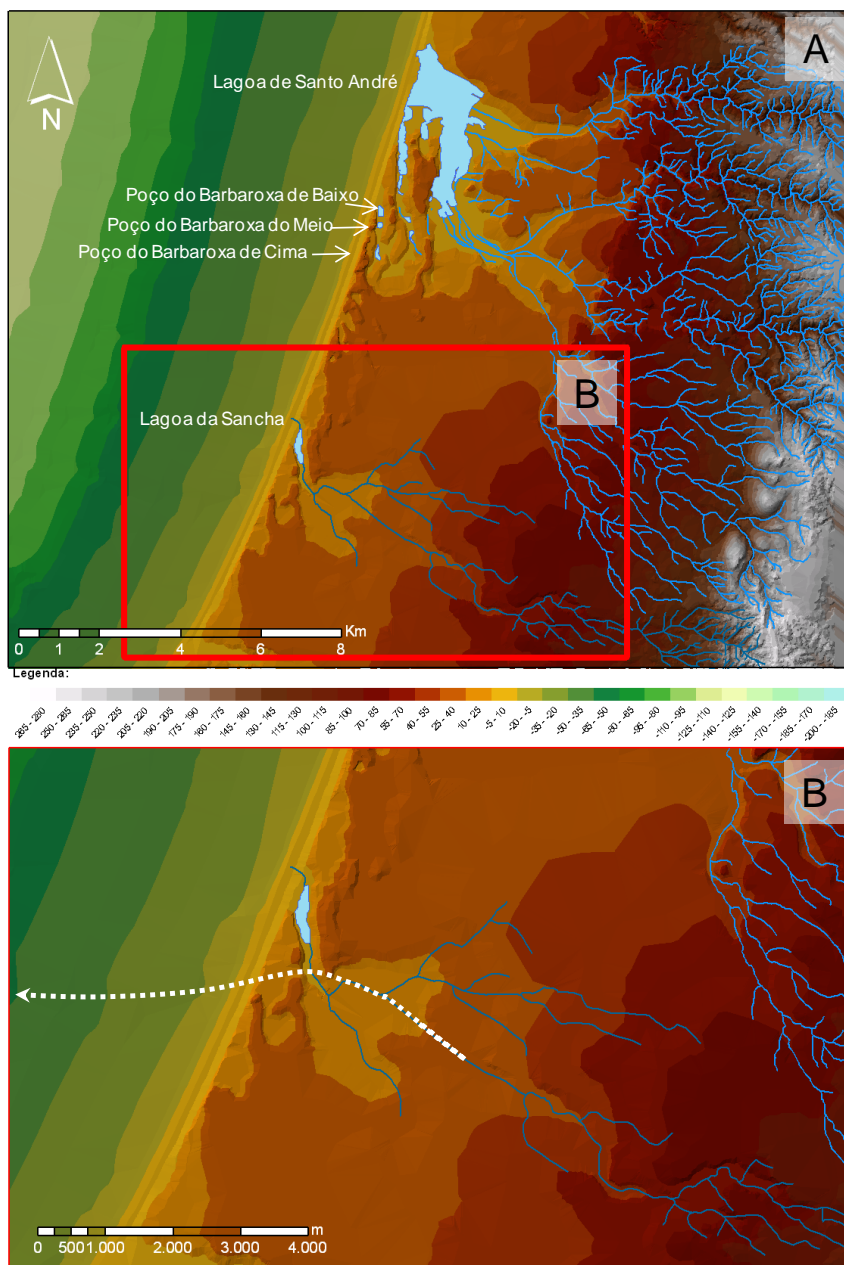
A taxa de sedimentação, nesta unidade - 0,73 mm/ano - quase duplica o valor determinado para a unidade II - 0,41 mm/ano, podendo o forte aporte sólido minerogénico responsável por esta drástica mudança resultar de factores naturais (globais ou locais) ou antrópicos ou da conjugação dos dois.

Este aporte terrígeno é coincidente com o fim do Pequeno Óptimo Climático (Período Quente Medieval) e o início da Pequena Idade do Gelo - “Little Ice Age - LIA”. Este evento frio, embora mais intenso entre 1590 - 1850 DC (360 - 100 cal BP) (ROBERTS, 2002) deve ter-se iniciado mais cedo em Portugal (**Figura VI.2-117**). Efectivamente, TAVARES (2004) com base em compilação de documentação escrita, histórica e literária, efectuou a caracterização do clima e do litoral português de 1100 a 1600 DC (séculos XII a XVI). A autora concluiu que até 1300 DC os “períodos de chuva alternavam com tempo seco e o frio com o calor, sem grandes arritmias” (o que foi interpretado como condições normais). Pelo contrário, o século que se seguiu - séc. XIV - foi calamitoso para Portugal e para a Europa com informação abundante onde predominam as descrições de seca, fome, pestes e terremotos. A centúria seguinte de quatrocentos (século XV) foi mais benigna que a anterior mas no século XV, pelo contrário, repetiram-se as calamidades do século anterior. A Pequena Idade do Gelo, período frio, é um dos três com possível ligeira descida do nível médio do mar no Holocénico Recente juntamente com o “Baixo Nível Romano” e o “Baixo Nível Medieval” (DIAS, 1987, 1998) (ver Capítulo III), ao qual se associa o último grande período anamórfico do litoral português, caracterizando-se por forte assoreamento dos estuários e intensa construção de campos dunares (DIAS *et al.*, 2002, 2004).

O robustecimento do cordão dunar frontal da Sancha e o seu possível avanço para nascente sobre o Complexo Dunar Antigo (2ª provável movimentação para nascente) podem ter sido responsáveis pelo bloqueio da foz de um pequeno ribeiro que desaguaria directamente no oceano um pouco mais a sul da Lagoa da Sancha. Esse constrangimento terá obrigado a que na região vestibular o troço do ribeiro perdesse a sua orientação mais ortogonal à linha de costa (inferindo-se pela direcção do vale do Barranco dos Bêbados) e inflectisse para Norte, adquirindo um traçado N-S, acabando por confluir na depressão dunar, deixando aí o caudal sólido proveniente da pequena bacia hidrográfica com cerca de 35 km<sup>2</sup>. Note-se que na plataforma adjacente à Lagoa da Sancha, as batimétricas sugerem a presença de uma paleoforma fluvial (**Figura VI.2-119**) que poderá ter correspondido à trajectória do antigo vale fluvial da rede hidrográfica agora aprisionada.

Após a instalação de uma barreira mais robusta, as trocas com o ambiente marinho ficam dificultadas, o que está consentâneo com teores mais baixos dos elementos Br e Cl desta unidade. Por outro lado, neste período mais frio, ocorre uma diminuição do coberto vegetal de maior envergadura, pelo que os solos ficam mais expostos aos fenómenos erosivos, potenciando-se a

erosão hídrica e o transporte fluvial sedimentar. Se adicionarmos a estes fenómenos naturais um incremento da pressão antrópica nesta região a partir de 600 BP, com uma ocupação territorial vocacionada para uma pastorícia extensiva até 260 BP, período a partir do qual se intensifica e extensifica a actividade agrícola com declínio apenas nos últimos 100 anos (QUEIROZ, 1999), temos então um forte assoreamento das zonas vestibulares endorreicas (sem conexão com o oceano - sem barra de maré activa numa barreira arenosa de grande envergadura).



**Figura VI.2-119 - Hipsometria da zona emersa e submersa na região da Lagoa da Sancha. Note-se na batimetria a presença de uma inflexão em frente à direcção do traçado da ribeira afluente à Sancha no vale da ribeira do Barranco dos Bêbados.**

As modificações recentes observadas na Lagoa da Sancha resultam pois da conjugação dos factores naturais e antrópicos, conferindo a este interdunar um registo geológico que nos tempos recentes o distingue claramente dos restantes.

Embora os níveis datados em cada interdunar se considerem ainda insuficientes, podem obter-se informações julgadas pertinentes se efectuada a comparação da altimetria e da idade dos níveis datados nos quatro interdunares (**Figura VI.2-120**). É curioso a concordância da taxa de 0,3

mm/ano registada nos últimos 3500 anos (**Figura VI.2-120B**), sugerindo a existência de um factor forçador (global/regional) que afecte simultaneamente os interdunares estudados. As oscilações climáticas e do nível do mar podem ser apontados como os principais factores que controlam a posição do nível freático nestas depressões. Por exemplo, o avanço da cunha salina impulsionada pela subida do nível do mar pode impelir a elevação do aquífero doce superficial posicionado no interior do Complexo Dunar Antigo, conduzindo ao aumento da taxa de sedimentação orgânica nas depressões cujo nível freático ultrapasse ou se posicione próximo da superfície topográfica, e se essa subida for muito acentuada podem ocorrer episódios de “inundação” das depressões dunares. Deste modo, a taxa obtida nos interdunares pode ser utilizada como indicador indirecto das oscilações do nível do mar no troço litoral em análise.

De acordo com TEIXEIRA *et al.* (2005), a elevação do nível médio do mar no Holocénico, para a região da Quarteira no S de Portugal, apresentou a maior taxa de subida entre os 9000 e os 7000 anos BP, tendo passado da cota -15 m para -2,5 m. A elevação prosseguiu mas com uma ligeira desaceleração até que há 4000 anos atingiu a cota actual (**Figura VI.2-120**) (ver Capítulo III).

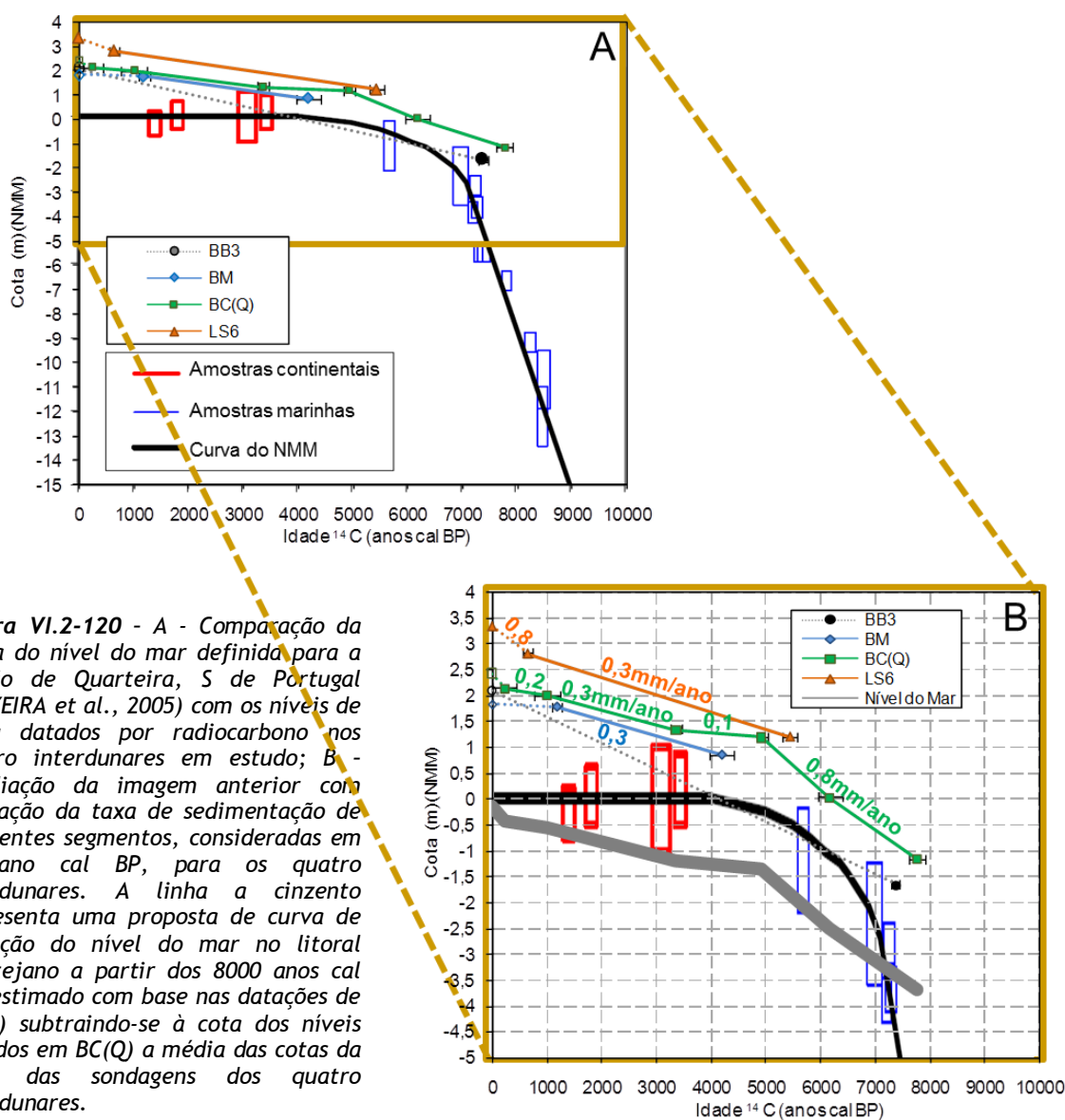
Na região em estudo, a altimetria média actual da superfície dos interdunares posiciona-se 2,55 m<sup>20</sup> acima da actual posição do nível médio do mar. Considerando que o actual desnível se manteve no passado, a existência de vários níveis datados no interdunar do Barbaroxa de Cima torna extremamente tentador extrapolar a evolução do nível médio do mar para o litoral alentejano nos últimos 8000 anos cal BP, que se propõe na **Figura VI.2-120B** (linha cinzenta). A observação da curva proposta sugere que há 7000 anos o nível estaria 0,5 m mais baixo (-3 m NMM) que o estimado por TEIXEIRA *et al.* e seus colaboradores (2005) e que ao contrário das evidências obtidas no litoral algarvio que preconizam um nível estático, ou próximo, nos últimos 4000 anos o nível médio do mar continuou a subir, embora com taxas diferenciadas. Após os 8000 anos cal BP ter-se-á elevado a uma taxa de 0,8 mm/ano até que há cerca de 5000 se assistiu a uma importante desaceleração que se manteve por cerca de 1500 anos, reduzindo-se a taxa a 0,1 mm/ano, posicionando-se o nível do mar cerca de 1,5 m abaixo da posição actual. Segue-se um novo impulso a partir dos 3500 anos associado a uma taxa de 0,3 mm/ano, mas no período em análise é efectivamente nos últimos 1000 anos que a subida é mais acentuada, elevando-se o nível do mar a uma taxa de 1,2 mm/ano. Este valor é idêntico ao estimado para Cascais (1,3 mm/ano) e Lagos (1,5mm/ano), a partir das séries temporais recentes dos marégrafos existentes nos dois locais considerando o registo dos últimos 118 anos e 92 anos, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2008).

É de salientar que a maior influência marinha nos interdunares, detectada próximo do final do evento de terrestrialização 5, iniciado pouco antes dos 3370 anos cal BP (**Figura VI.2-118**) coincide com o impulso da subida do nível do mar que se segue ao período de quase estabilização entre os 5000 e os 3500 anos cal BP (**Figura VI.2-120**). Este sinal marinho pode indicar que a subida do nível

---

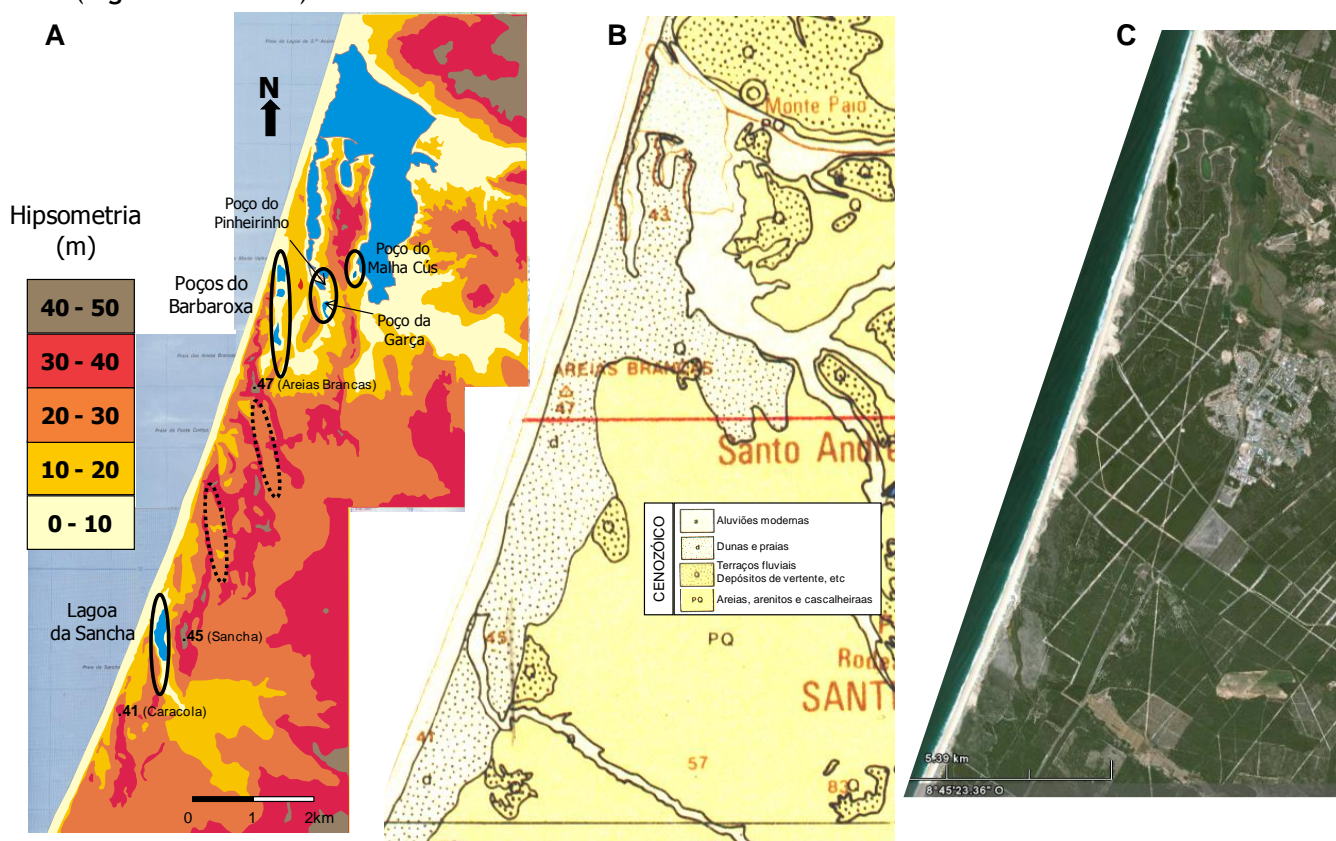
<sup>20</sup> valor estimado a partir da cota média do fundo de cada interdunar, sendo esta última obtida considerando a cota da boca das sondagens estudadas em cada depressão dunar.

do mar provavelmente obrigou à movimentação para nascente da cunha salina, sob o aquífero doce, induzindo a percolação de águas salobras no interior das turfeiras.



O aparecimento destas turfeiras no litoral alentejano é pois condicionado pela subida do nível do mar após a última glaciação, que promoveu o avanço da linha de costa para nascente e a subida do nível freático no interior de um Complexo Dunar Antigo, condições que conduziram, nos interdunares topograficamente mais baixos (Poços do Pinheirinho, do Barbaroxa, da Garça, do Malha Cús, Lagoa da Sancha - **Figura IV.2-121A**, e mesmo nos sistemas de poços que actualmente comunicam com a Lagoa de Santo André (Poço do Ortigão, da Zimbreira, dos Caniços, do Parral, dos Alguidares e do Pinheiro), ao afloramento do nível freático, permitindo o aparecimento de comunidades pioneiras e a manutenção permanente deste nível próximo ou em posição pouco acima da superfície topográfica, fornecendo as condições ideais para a geração das turfeiras.

O Complexo Dunar Antigo (CDA), posicionado a leste do cordão dunar frontal actual, apresenta-se bem desenvolvido, chegando a atingir grande envergadura (cotas superiores a 40 m de altura), revelando um alinhamento geral N-S das cristas e das depressões dunares (**Figura VI.2-121A**). A orientação geral deste CDA encontra-se claramente em não conformidade com a linha de costa actual, sendo truncado pelo cordão dunar frontal de orientação geral NNE-SSW, paralelo ao litoral actual, que se distingue claramente do primeiro por ter menor densidade do coberto vegetal (**Figura IV.2-100C**).



**Figura VI.2-121** - A - Hipsometria da região litoral entre os Poços do Barbaroxa e a Lagoa da Sancha (base topográfica - Cartas Militares de Portugal, escala 1/25 000, nº 505 e 516), onde se assinalam as depressões do Complexo Dunar Antigo, as assinaladas a tracejado negro correspondem a dois interdunares cujas cotas do fundo são mais elevadas que as dos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha, pelo que o nível freático não aflora; B - Unidades geológicas presentes na mesma região (retirada Folha nº 7 da Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa); C - Imagem de Satélite - 2008 (Google Earth). Note-se o limite nítido entre o cordão frontal dunar actual (de cor mais clara, resultante da baixa densidade de coberto vegetal, predominantemente rasteira) e o Complexo Dunar Antigo a nascente mais vegetado, onde predomínio de espécies arbóreas.

São poucos os trabalhos precursores ao presente estudo que referem informação sobre a génese do CDA, e a escassa literatura existente (SILVA, 1981; SILVA, 1983; SILVA *et al.*, 1989; MATOS, 1991; GOMES, 1992) aponta idade plistocénica para as dunas antigas. Mais recentemente o trabalho de RAMOS (2013) vem trazer informação importante sobre o CDA (a ser explanado mais à frente). Efectivamente, o estudo de uma sondagem com cerca de 40 m (no qual a autora da presente dissertação colaborou) efectuado no interdunar do Poço do Pinheirinho - Sondagem PP (**Figura IVI.2-121A**) identificou 3 m de depósitos orgânicos aproximadamente 6 m abaixo da



superfície topográfica, indicando a datação radioisotópica de carbono 14 idade superior a 30 000 anos BP (FREITAS *et al.*, 2007c). Deste modo, a génese do Complexo Dunar Antigo deve ser contemporânea do baixo nível do mar associado à última glaciação, que atingiu o seu nível mais baixo durante o último máximo glaciário (25 000 - 18 000 anos BP), quando se posicionou entre -120 e -140m.

Para melhor caracterizar a envergadura do CDA efectuou-se uma pesquisa, o mais exaustiva possível, sobre sondagens efectuadas na região litoral entre a Lagoa de Santo André e a da Sancha. Foram várias as dificuldades encontradas para a realização e conclusão desta tarefa a que nos propusemos. A primeira relaciona-se com o facto da inexistência de uma entidade que reúna a totalidade de um espólio desta natureza, encontrando-se os relatórios técnicos das sondagens efectuados por entidades públicas e privadas, na região desde a década de 70 do século passado, dispersos por numerosas instituições. Essas instituições desconhecem a existência de outras sondagens na região, não existindo uma base de dados regional que reúna um historial com as informações básicas das sondagens já realizadas, como por exemplo: nome da sondagem, localização (coordenadas), entidade executante, profundidade atingida, etc. Pelo exposto, a pesquisa revelou-se morosa e dificilmente se pode considerar finalizada, pois é impossível saber se toda a informação foi efectivamente reunida, pelo que os resultados agora apresentados se baseiam na informação coligida até ao momento. A segunda dificuldade surgiu durante a leitura dos relatórios de sondagens, quando se tornou evidente que não iria ser fácil a correlação de unidades, principalmente para as unidades mais recentes que o Pliocénico, pois os diferentes trabalhos não utilizavam a mesma nomenclatura. A maior parte dos relatórios atribui uma idade aos materiais mais antigos (ex: Jurássico, Miocénico), mas para os materiais mais recentes ou os engloba na mesma designação, denominando-os de Plio-Quaternário, ou os classifica como dunas e areias de dunas, sem compromisso cronológico, não existindo referência a Plistocénico, nem a Holocénico. Assim, as características descritivas e os resultados de SPT (quando disponíveis), foram os critérios utilizados para a definição das unidades por nós consideradas.

Até à data, foram compiladas cerca de 300 sondagens realizadas na região com diversos objectivos (para prospecção e captação de águas, de prospecção efectuadas no âmbito de estudos científicos, de prospecção para ampliação de areiros, de estudos geotécnicos para construção de rodovias, entre outras), das quais 33 atravessam o Complexo Dunar Antigo (**Figura VI.2-122**), reunindo a **Tabela VI.2-30** (ver também **ANEXO A.IV.6** para descrição macroscópica dos materiais atravessados) as informações julgadas pertinentes para a definição e caracterização das 4 unidades mais recentes, nas quais se enquadra o CDA (PLISTOCÉNICO), da mais antiga para a mais recente: MIOCÉNICO, PLIOCÉNICO, PLISTOCÉNICO (CDA) e HOLOCÉNICO (Duna frontal).

Na região em estudo é clara a distinção entre o Miocénico e o Pliocénico, tendo o primeiro características distintivas como a composição essencialmente carbonatada gresosa, micácea e a coloração amarelada, aspectos que facilmente servem como marcador da unidade. A distinção entre o Pliocénico e o Plistocénico sobrejacente (Complexo Dunar Antigo) é menos nítida, pois ambas as unidades são marcadamente detríticas, maioritariamente arenosas, pelo que a definição do limite



estratigráfico não foi fácil. Utilizou-se para a definição da base do Plistocénico o aparecimento de materiais detríticos grosseiros a muito grosseiros, que se apresentam maioritariamente mal calibrados, de coloração castanho-alaranjada. Note-se que em bastantes sondagens (ex: S3-DF, S4-DF, S5-DF, S6-DF, F1-MV) a passagem é marcada pelo enriquecimento em material muito grosseiro, onde a presença de seixos é assinalada. Por seu lado, o Plistocénico (CDA) compreende uma unidade de espessura variável com envergadura máxima observada próxima de 30 m (**Tabela IV.2-30**). No entanto, este valor pode estar subestimado, pois em algumas sondagens não foi atingida a base do CDA. É de salientar a ocorrência no interior desta unidade de um ou dois níveis de textura mais argilosa, mais raramente turfosa (veja-se a descrição da sondagem PP); mais à frente serão apresentadas hipóteses para a sua génese. Maioritariamente é constituído por materiais detríticos quartzosos, texturalmente semelhantes aos da Duna Frontal mas de coloração amarelada, acastanhada e por vezes acinzentada. O contacto entre o CDA e a Duna Frontal é nítido, sendo o topo do CDA marcado por nível acastanhado escuro (paleosolo) idêntico ao que actualmente se observa na superfície do CDA. O Holocénico na zona dunar é constituído pela Duna Frontal, que assenta sobre o CDA ou directamente no Miocénico (sondagem S1-DF), constituído por areias maioritariamente médias a grosseiras, siliciosas (quartzosas), lavadas, cinzentas a esbranquiçadas. No entanto, para além da Duna Frontal não devemos esquecer que o Holocénico na região dunar consiste igualmente nos depósitos orgânicos das depressões interdunares húmidas (Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio, de Cima, do Pinheirinho, das Garças, do Malha Cús, Lagoa da Sancha - alguns dos quais têm sido objecto do presente estudo), embora nenhuma das sondagens compiladas assinale a sua existência.

A definição das diferentes unidades, a sua distribuição geográfica e altimetria permitiram efectuar, através da utilização de programa RockWorks 14, a correlação lateral dos diferentes depósitos, possibilitando a execução de cortes geológicos com diferentes orientações (**Figura VI.2-123 a VI.2-125**) e a construção de um modelo em 3 dimensões (**Figura VI.2-126, VI.2-127**), que facilita a visualização espacial das diferentes unidades. Esta informação permitiu tecer algumas considerações sobre a estrutura dos depósitos e formular hipóteses para a sua génese.

A génese do CDA foi posterior ao Plio-Quaternário (unidade PQ) instalando-se sobre um paleorelevo existente, provavelmente durante o Plistocénico final (Último Período Glaciário). O paleorelevo poderia ter cotas mais elevadas a sul, pois na sondagem S14-R41 o topo do PQ posiciona-se a 26,5 m (NMM) (**Tabela VI.2-30, Figura VI.2-124, IV.2-126, IV.2-127**).

A sua morfologia com sucessivas cristas e depressões orientadas N-S (**Figura IV.2-121A**) e a existência de dois níveis lodosos próximos da base (o mais antigo em contacto com o PQ - **Figuras VI.2-123, VI.2-124, VI.2-125**) sugerem a instalação de um ou vários cordões arenosos posicionados mais a W que progressivamente migraram para nascente. A presença dos depósitos lodosos próximos da base desta unidade, detectada em várias sondagens, sugere a ocorrência de dois eventos importantes de inundação durante a acreção do sistema dunar. A natureza textural e composicional destes níveis lodosos é semelhante à actualmente existente nos “Poços” inundados (vasas orgânicas sem conchas) o que faz supor a existência de interdunares húmidos mais antigos na região,

posteriormente soterrados pelo avanço das areias dunares no seu movimento para leste. No entanto, a extensão dos depósitos lodosos, que pode atingir 2 km (veja-se o perfil geológico A-B, **Figura VI.2-123**) faz persistir dúvidas sobre a génese dos depósitos pois não se conhecem na região actualmente depósitos análogos com essas dimensões.

Para completar a génese e evolução do Complexo Dunar Antigo, do actual cordão dunar (duna frontal e dos interdunares húmidos, apresenta-se aqui de forma resumida as principais conclusões do estudo de RAMOS (2013) que aplicou diferentes métodos geofísicos para perceber a génese e evolução destes sistemas dunares. Os resultados da dissertação de doutoramentos de RAMOS (2013) sugerem que o Complexo Dunar Antigo se desenvolveu “ao longo dos últimos 200 000 anos BP sobre um substrato lodoso plio-pleistocénico, depositado à cota -25 m NMM na região norte e à cota -8 m NMM no limite sul do sistema dunar, tendo compreendido várias episódios de inundação e de reactivação do transporte eólico. Presume-se que o início da sedimentação dunar tenha ocorrido durante a glaciação Riss, numa altura em que o nível do mar estava posicionado a uma cota inferior a -25 m NMM (que corresponde à cota da base das areias eólicas nas sondagens geológicas) e existia uma grande disponibilidade sedimentar e condições favoráveis ao transporte eólico. A instalação de um sistema dunar com cerca de 20-24 m de altura e pelo menos 4 km de largura e 3,5 km de comprimento, com a superfície topográfica a variar entre as cotas -22 e 16 m NMM, sobre o relevo fluvial previamente criado pelas ribeiras da sub-bacia da Badoca”.

Após um período de paragem na movimentação dunar RAMOS (2013) sugere “após o Último Máximo Interglaciário (Eemiano) um retrocesso nas condições ambientais que terá permitido a reativação da sedimentação eólica e o desenvolvimento de um novo complexo dunar de grande envergadura (com 30 a 40 m de altura) sobre a superfície dunar e os depósitos interdunares preexistentes, constituído por várias cristas transversais e depressões interdunares que, na altura, se deveriam estender para a zona da actual plataforma continental e que foram posteriormente erodidas e submersas durante a transgressão marinha”. RAMOS (2013) após conversa com a autora da presente dissertação e com base nos resultados agora apresentados, conclui que “Há cerca de 7 000 anos BP, o nível freático atingiu as regiões mais baixas da depressão interdunar mais a oeste, transformando-as numa zona de interdunares húmidos (Poços do Barbaroxa) que favoreceu a acumulação de turfas. Nessa altura, assiste-se igualmente à reactivação do CDA, com a deposição de uma cobertura arenosa”. Por fim, conclui a evolução indicando que no final da primeira metade do Holocénico (há cerca 5 400 anos BP) dá-se o completo desenvolvimento da barreira arenosa com uma direcção paralela à linha de costa actual, truncando deste modo as cristas transversais do Complexo Dunar Antigo. De acordo com os resultados obtidos, a duna frontal não só se desenvolveu encostada ao CDA, como cobriu com sedimentos recentes o seu flanco setentrional até à cota 19 m NMM.

Tabela IV.2-30 - Informação sobre as 33 sondagens efectuadas no âmbito de diversos estudos, na área da Carta Militar nº 505, e que atravessam o Complexo Dunar Antigo (CDA), utilizadas para construir o modelo 3D da estratigrafia da região entre a Lagoa de Santo André e a Lagoa da Sancha.

Cota do topo das Unidades presentes (m) (NMM)													
Refª Original	Refª atribuída	Localização	Profundidade (m)	Coordenadas Militares		Cota (m)	Espessura CDA (m)	DUNA FRONTAL	PLUSTOGENICO		PLIOC.	MIOCENICO	
				M	P				CDA(a) ***	CDA(v) ****			
S1	S1-DF	Duna Frontal da Lagoa de Santo André	27.80	141.55849	127.32347	** 7,0	0.00	7.00				-20.50	RODIO (1973)
S2	S2-DF		30.00	141.38521	126.75091	** 10,0	0.00	10.00					
S3	S3-DF		30.00	141.19498	126.10583	** 10,0	2.50	10.00	-16.50	-17.0/-19.0	-19.00		
S4	S4-DF		30.00	141.06691	125.65757	** 12,0	4.75	12.00	-6.00	-7.0/-10.75	-10.75		
S5	S5-DF		30.00	140.83525	124.98330	** 15,0	22.50		15.00	-2.8/-3.0; -4.8/-7.5	-7.50		
S6	S6-DF		30.00	140.80134	124.38437	** 17.5	25.00		17.50	4.5/0.2; -4.0/-7.5	-7.50		
F1	F1-MV	Monte Velho	30.00	141.59453	123.71455	19.980	30.00		0.48/-1.82; -9.02/-10.02	-10.02			TEXEIRA & MARQUES (1979)
F2	F2-MV		30.30	141.63381	123.93729	27.320	>30.3		27.32	-1.08/-2.98			
F3	F3-MV		29.80	141.53296	124.12329	24.200	27.50		24.20	-0.8/-3.3	-3.30		
F4	F4-MV		30.00	141.66567	124.30180	30.900	>30.00		30.90				
F5	F5-MV		30.00	141.77089	124.46892	36.800	>30.00		36.80				
F6	F6-MV		30.00	141.64560	124.69311	39.700	>30.01		39.70				
S1	S1-AMV	Areiro do Monte Velho	15.00	141.49700	123.96000	22.244	>16.45		22.20				CARVALHO & SILVA (1979)
S2	S2-AMV		28.50	141.53500	123.99500	23.732	28.00		23.70	-4.3/-4.8			
S3	S3-AMV		27.00	141.57300	124.03000	23.995	27.00		24.00	-2.0/-3.0			
S4	S4-AMV		15.00	141.61000	124.06300	27.126	>15		27.10				
S5	S5-AMV		25.00	141.50300	123.99200	23.024	25.00		23.00	-1.0/-2.0			
S6	S6-AMV		15.00	141.54000	124.02700	22.700	>15.00		22.70				
S7	S7-AMV		15.00	141.57800	124.06200	24.568	>15.00		24.60				
S8	S8-AMV		15.00	141.52900	123.96200	24.693	>15.00		24.70				
S9	S9-AMV		15.00	141.56700	123.99700	25.175	>15.00		25.20				
S10	S10-AMV		28.00	141.60500	124.03200	26.768	27.00		26.80	-0.2/-1.2			
S11	S11-AMV		29.00	141.54500	124.09900	23.821	29.00		28.30	-4.4/-5.2			
PP	PP	Poço do Pinheirinho	46.31	141.33045	123.59839	4.573	9.38		4.57	-1.56/-4.81	-4.03	-38.65	FREITAS <i>et al.</i> (2007)
T1	T1	Margem do Poço do Barbaroxa de Baixo	2.00	140.69256	123.87262	* 3,0	>2,00		3.00				MATOS (1991)
T2	T2	Entre os poços do Barbaroxa de Baixo e do Meio	2.00	140.75030	123.59988	* 3,1	>2,00		3.10				
T3	T3	Margem do Poço do Barbaroxa do Meio	2.00	140.65067	123.35421	* 3,2	>2,00		3.20				
T4	T4	Margem do Poço do Parral	2.00	141.33262	123.66285	* 4,5	>2,00		4.50				
T5	T5	Margem do Poço do Pinheiro	2.00	141.13334	124.02482	* 4,0	>2,00		4.00				
S8	S8-R41	a SE do Poço do Pinheirinho	17.40	141400.53	123545.856	7.0	14.80		7.00	-1.8/-7.8	-7.80		TEXEIRA DUARTE (1973a)
S14	S14-R41	a SE da Praia da Fonte do Cortiço	34.50	140389.74	120344.433	29.0	2.50		29.00		26.50	20.50	TEXEIRA DUARTE (1973b)
P8	P8-R41	Várzea dos afluentes sul da Lagoa de Santo André	5.20	142936.27	122683.377	12.0	>5,2		12.00				TEXEIRA DUARTE (1973b)
P9	P9-R41		5.10	142770.86	122259.498	15.0	5.00		15.00		10.00		

\* cotas aproximadas retiradas da Carta Militar nº 505.

\*\*\* CDA(a) - Complexo Dunar Antigo arenoso.  
\*\*\*\* CDA(v) - Complexo Dunar Antigo vasoso (cotas do início e do fim do nível).



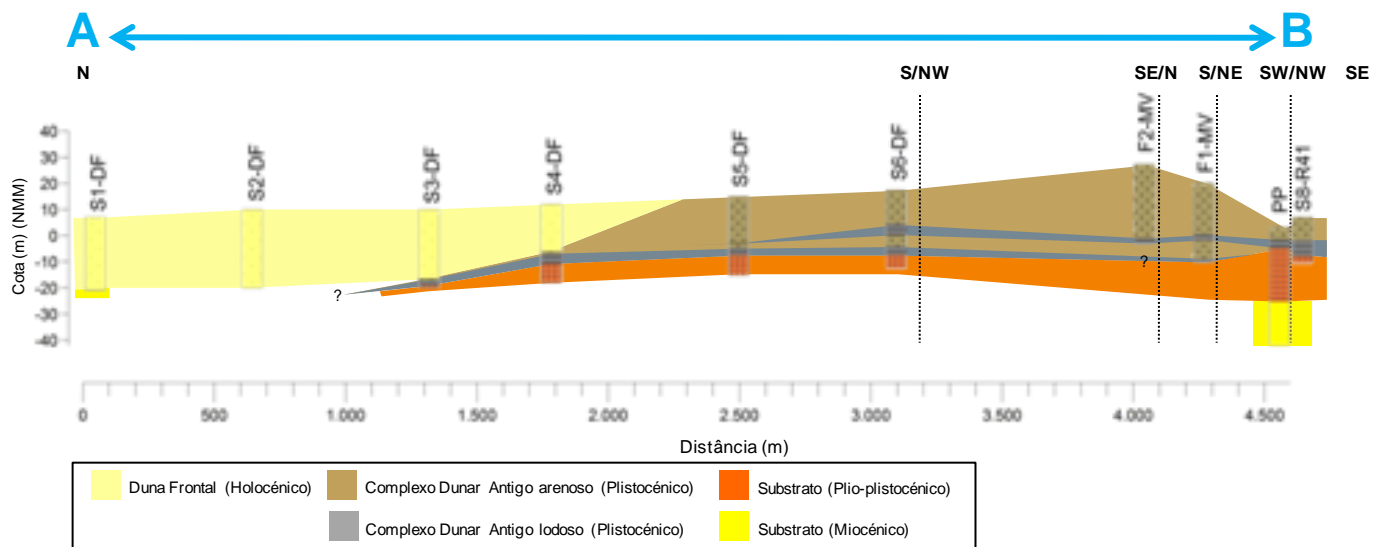


Figura VI.2-123 - Perfil Geológico A - B (ver localização Figura IV.2-122).

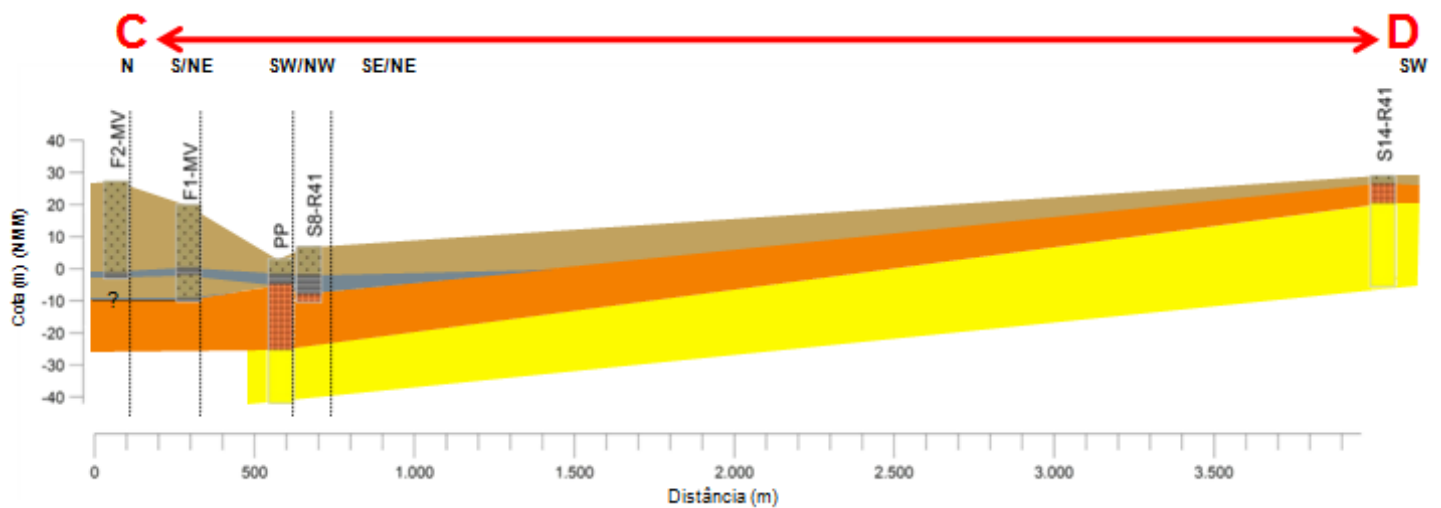


Figura VI.2-124 - Perfil Geológico C - D (ver localização Figura IV.2-122).

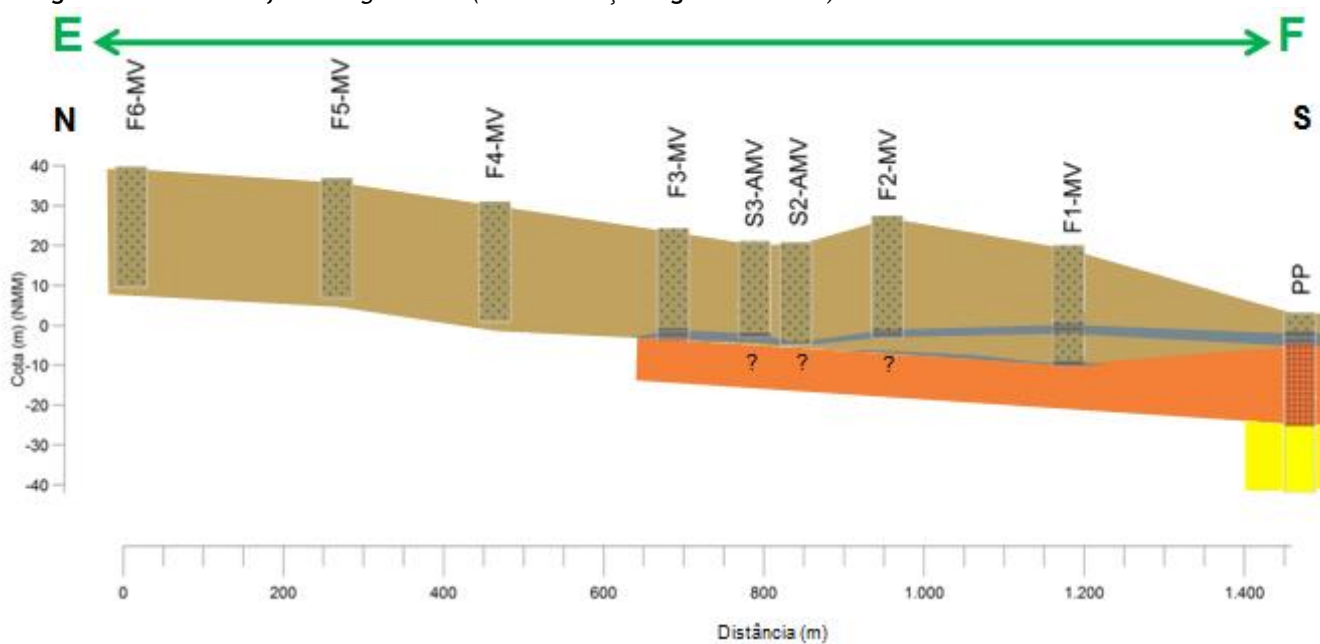
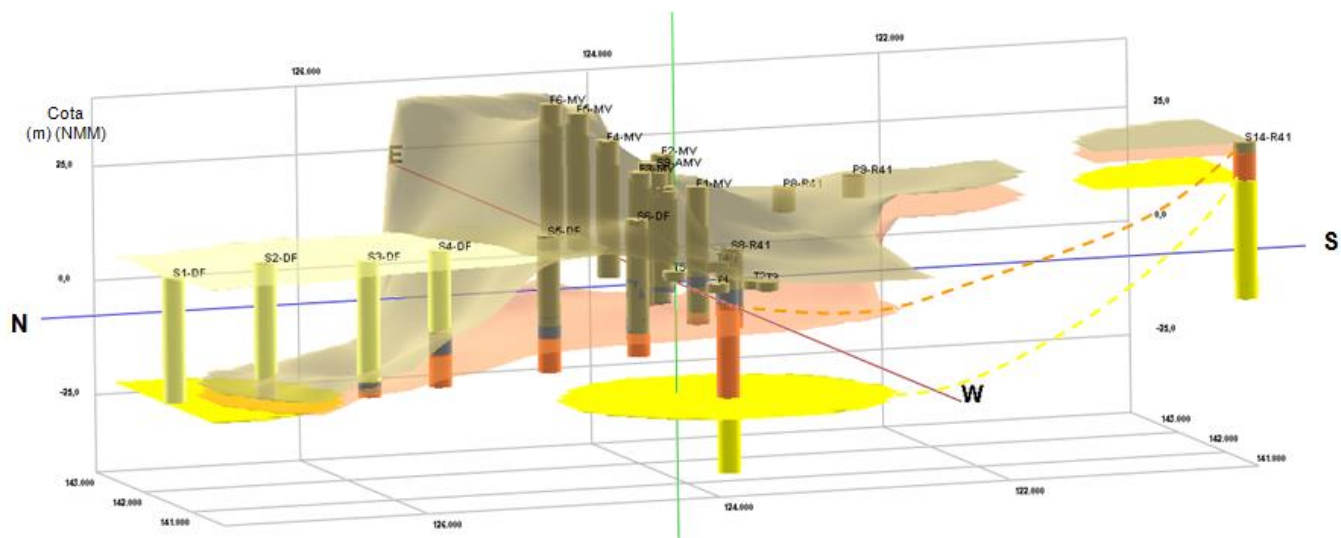
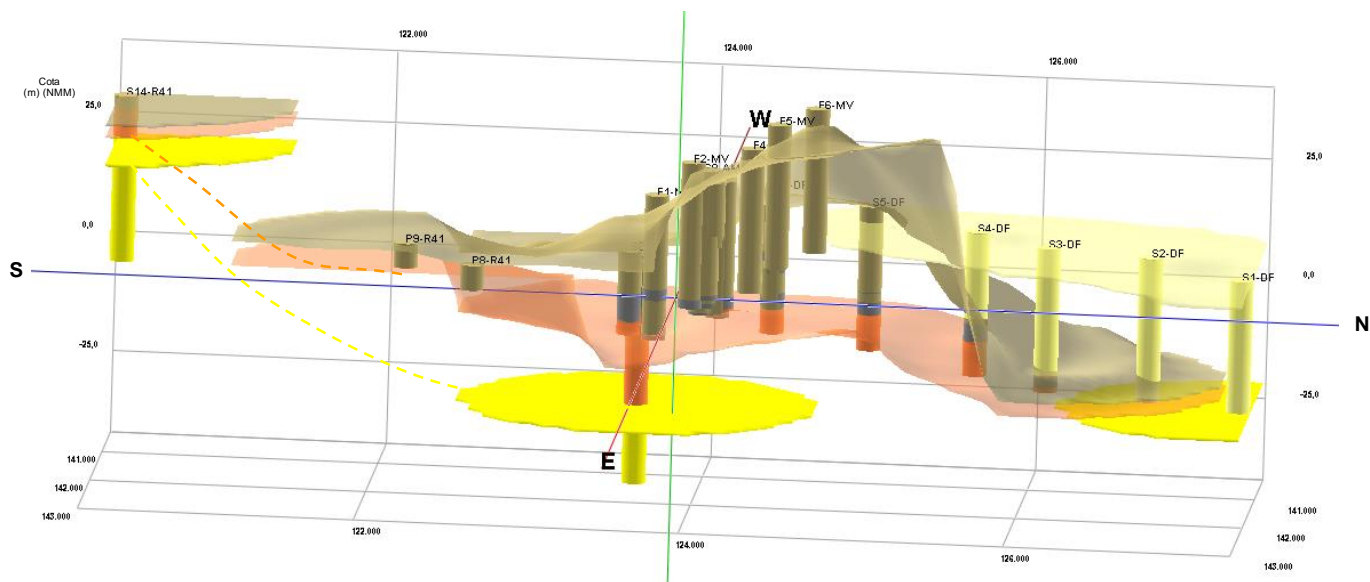


Figura VI.2-125 - Perfil Geológico E - F (ver localização Figura IV.2-122).



**Figura VI.2-126** - Modelo 3D com vista para nascente da estratigrafia da região entre a Lagoa de Santo André e a Lagoa da Sancha (obtido no programa Rockworks 14), construído com base em 33 sondagens onde foram definidas as quatro unidades fundamentais mais recentes na região: HOLOCÉNICO (Duna frontal), PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo), PLIOCÉNICO, MIOCÉNICO. Ver localização das sondagens na Figura IV.2-122.



**Figura VI.2-127** - Modelo 3D com vista para poente, da estratigrafia da região entre a Lagoa de Santo André e a Lagoa da Sancha (obtido no programa Rockworks 14) construído com base em 33 sondagens onde foram definidas as quatro unidades fundamentais mais recentes na região: HOLOCÉNICO (Duna frontal), PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo), PLIOCÉNICO, MIOCÉNICO. Ver localização das sondagens na Figura IV.2-122.

## CAPÍTULO VII

---

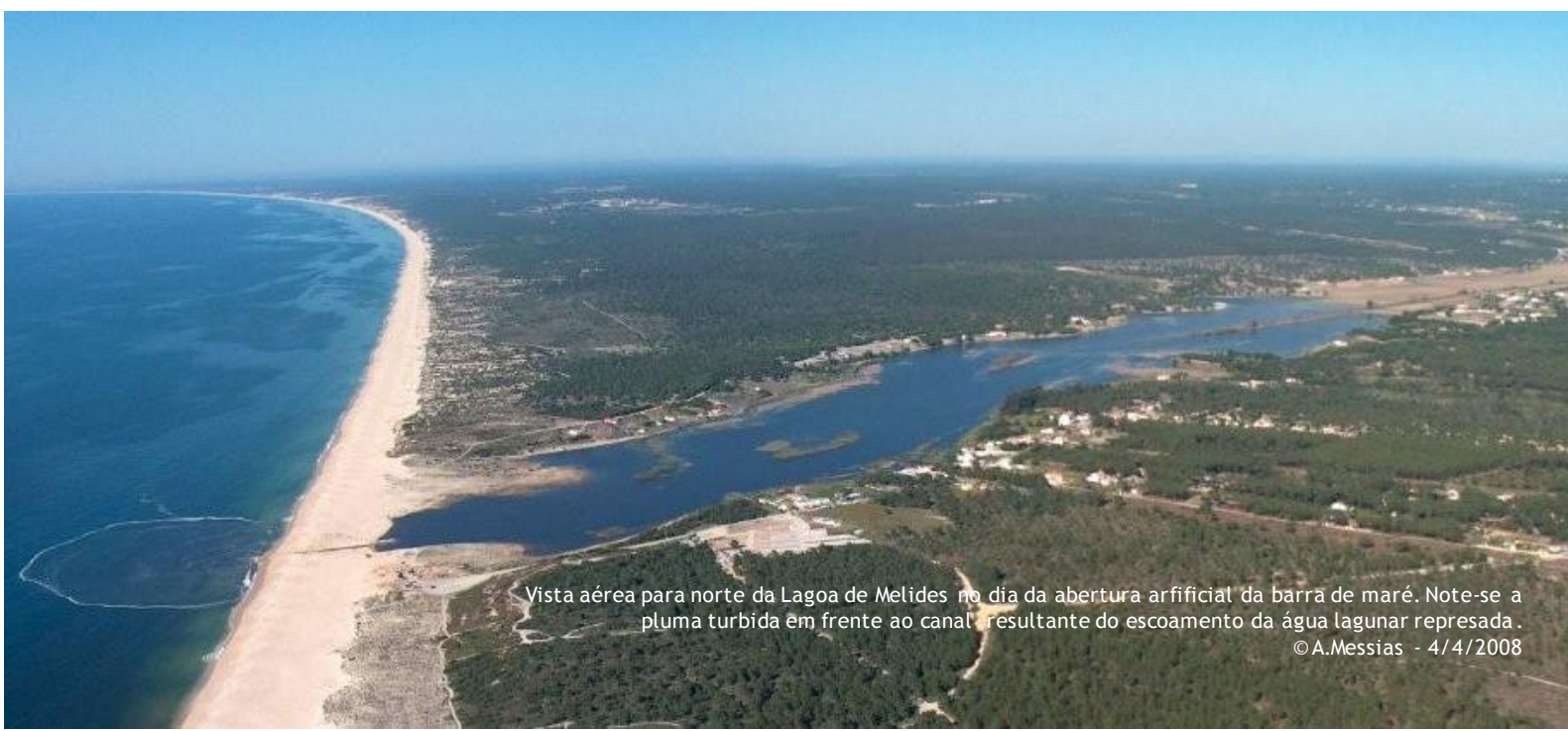
EVOLUÇÃO PÓS-TARDI-GLACIAR DO SW ALENTEJANO

CONSIDERAÇÕES FINAIS





Vista aérea para nascente da Lagoa de Melides após uma abertura ao mar, deixando o fundo lagunar exposto.  
© J.Boeiro - 31/2/2009



Vista aérea para norte da Lagoa de Melides no dia da abertura artificial da barra de maré. Note-se a pluma turbida em frente ao canal resultante do escoamento da água lagunar represada.  
© A.Messias - 4/4/2008

Neste capítulo expõem-se as principais conclusões que permitiram melhorar o MODELO DE EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL PÓS-TARDIGLACIAR proposto para a região do litoral alentejano.

Estas considerações finais referem-se à evolução nas três escalas temporais dos ambientes em estudo (Lagoa de Melides, Poços do Barbaroxa de Baixo, do Meio e de Cima e Lagoa da Sancha). Esta explanação será feita em forma de um resumo das etapas mais importantes, sendo apresentado do passado para o presente, na sequência: Tardi-glaciário (ante-holocénico), Holocénico (10 000 anos BP à actualidade) e Actualidade (dinâmica actual dos sistemas).

Durante esta exposição relacionam-se os resultados obtidos no sistema lagunar de Melides com os dos interdunares e sempre que possível adicionam-se outros resultados disponíveis para esta região (publicados e inéditos), de modo a completar as conclusões.

Na metade inferior do arco litoral Tróia-Sines, para além dos ambientes de sedimentação em estudo - Lagoa de Melides e interdunares húmidos dos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha - podem ainda encontrar-se outros dois ambientes de transição de maiores dimensões (Lagoa de Santo André e ribeira de Moinhos), bem como outros interdunares (**Figura VII.1-1**), que constituem igualmente locais privilegiados de sedimentação, tendo sido alguns desses ambientes alvo de estudo do enchimento tardiglaciário e holocénico (ver Capítulo II). Deste modo, aos resultados obtidos no presente estudo, juntam-se agora os resultados disponíveis nos restantes ambientes citados nas três escalas de estudo (micro, meso e macro-escala temporal), contribuindo para melhorar o referido modelo para este troço costeiro. Para a evolução a macro-escala temporal utilizam-se os resultados de 162 sondagens “longas” (**Tabelas VI.2-30 e VII.1-1**). A autora da presente dissertação, estudou do ponto de vista sedimentológico (e em alguns casos geoquímico) 81 sondagens :

- 2 na Lagoa de Melides;
- 16 no interdunar da Barbaroxa de Baixo;
- 21 no interdunar do Barbaroxa do Meio;
- 15 no interdunar do Barbaroxa de Cima;
- 27 no interdunar da Lagoa da Sancha.

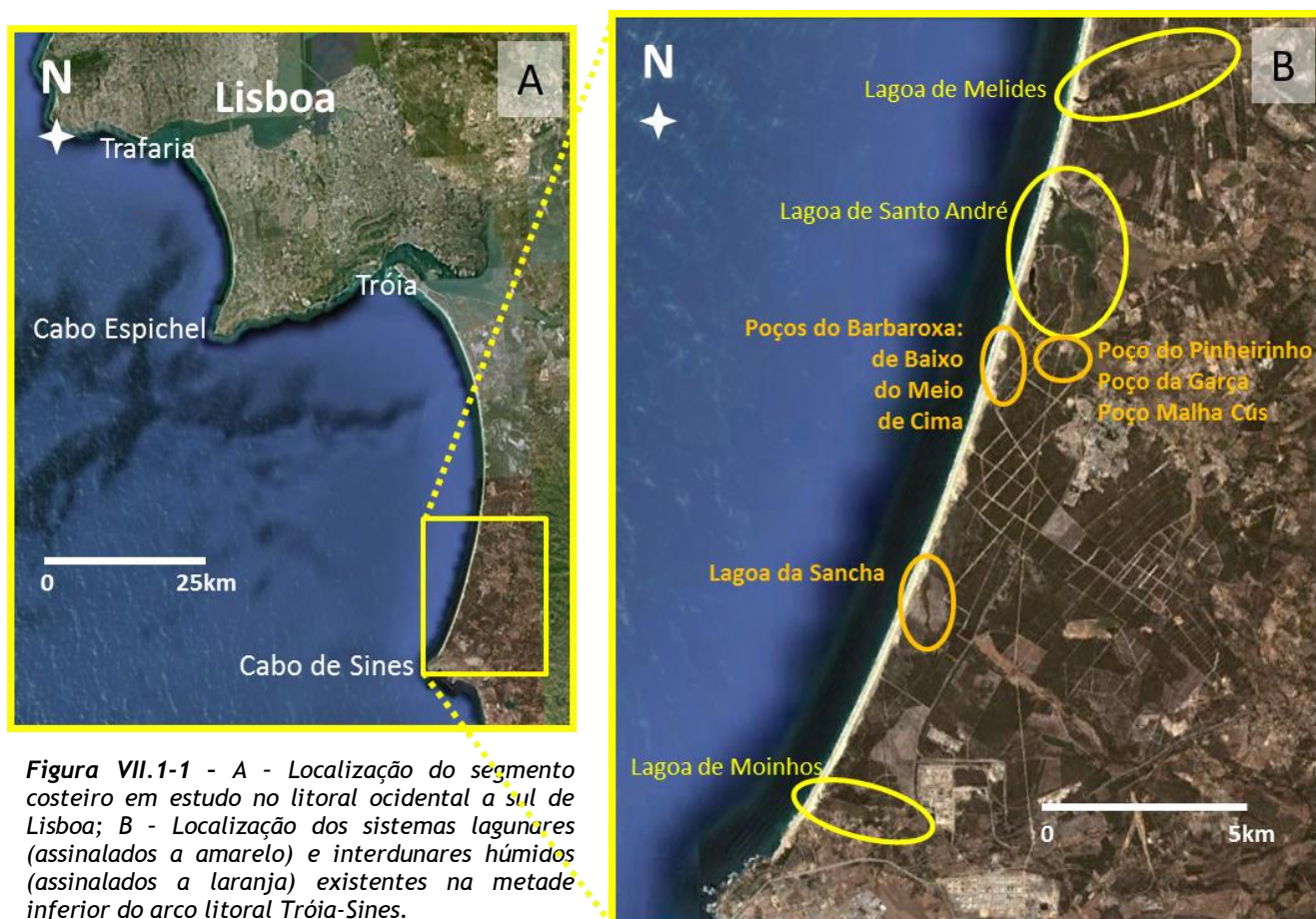
Ainda seleccionou de um conjunto superior a 300 sondagens (relatórios técnicos ou de estudos científicos) as descrições e resultados de outras 81 sondagens, perfazendo um total de 162 sondagens contabilizadas para contribuir para o Modelo de Evolução Paleoambiental proposto para a região em análise.

Durante o último período glaciário, cujo máximo se estima ter ocorrido há cerca de 23 000 - 18 000 anos cal BP, o nível do mar estaria cerca de 120 m mais baixo que o actual e a linha de costa situar-se-ia, nesta região, cerca de 8 km para ocidente (**Figura VII.1-2**). Actualmente, existem na região entre Melides e o Cabo de Sines, quatro bacias hidrográficas bem definidas que desaguam nas Lagoas de Melides, Santo André, Sancha e ribeira de Moinhos confinando a nascente com a bacia do rio Sado - **Figura VII.1-3**, que há 18 000 anos desaguiam no oceano, numa linha de costa mais para oeste, através de uma rede de drenagem bem encaixada num substrato regional maioritariamente, na zona ocidental, formado por litologias mesozóicas e cenozóicas. Nessa época a paleotopografia costeira corresponderia a uma extensa



planície litoral retalhada pelo encaixe da rede fluvial, da qual hoje apenas podemos observar a “janela montante”, coberta por extensos campos dunares. Esta constitui uma relíquia de uma rede de drenagem outrora mais extensa para W. O estudo de RAMOS (2013), que indica para o início da formação do Complexo Dunar Antigo, entre a Lagoa de Santo André e Sines, a idade de 200 000 anos BP, refere que durante a última glaciação este sistema dunar sofreu um robustecimento, incrementando as suas cotas apicais. Pode apresentar espessuras variáveis, podendo ultrapassar os 30 m e a grande extensão e dimensão/envergadura deste Complexo Dunar sugere que durante o período frio que mediou o anterior período interglaciário (Eemiano) e o actual (Holocénico), a disponibilidade de sedimentos essencialmente quártzicos foi abundante, tendo-se gerado um extenso campo de dunas transversais com cristas alinhadas norte-sul. As cotas apicais das cristas atingem nos nossos dias aproximadamente 40 m de altura, enquanto as zonas deprimidas entre corpos dunares (interdunares - “dune slacks”) apresentam cotas muito variáveis, entre 0 e 20 m (NMM). Este complexo dunar assentou sobre as formações geológicas miocénicas e pliocénicas (**Figura VI.2-123 a VI.2-127**) que constituem o substrato regional também nos vales dos sistemas hídricos anteriormente referidos (**Figura VII.1-4**).

Após o último máximo glaciário e com o início do degelo (tardi-glaciár), a região ocidental dessa rede de drenagem foi progressivamente sendo submersa como consequência da subida do nível médio do mar e de certa forma progressivamente nivelada horizontalmente, por deposição de sedimentos em ambiente marinho/transição, à medida que se assistia ao recuo da linha de costa e à inundação dos antigos terrenos continentais antes emersos.



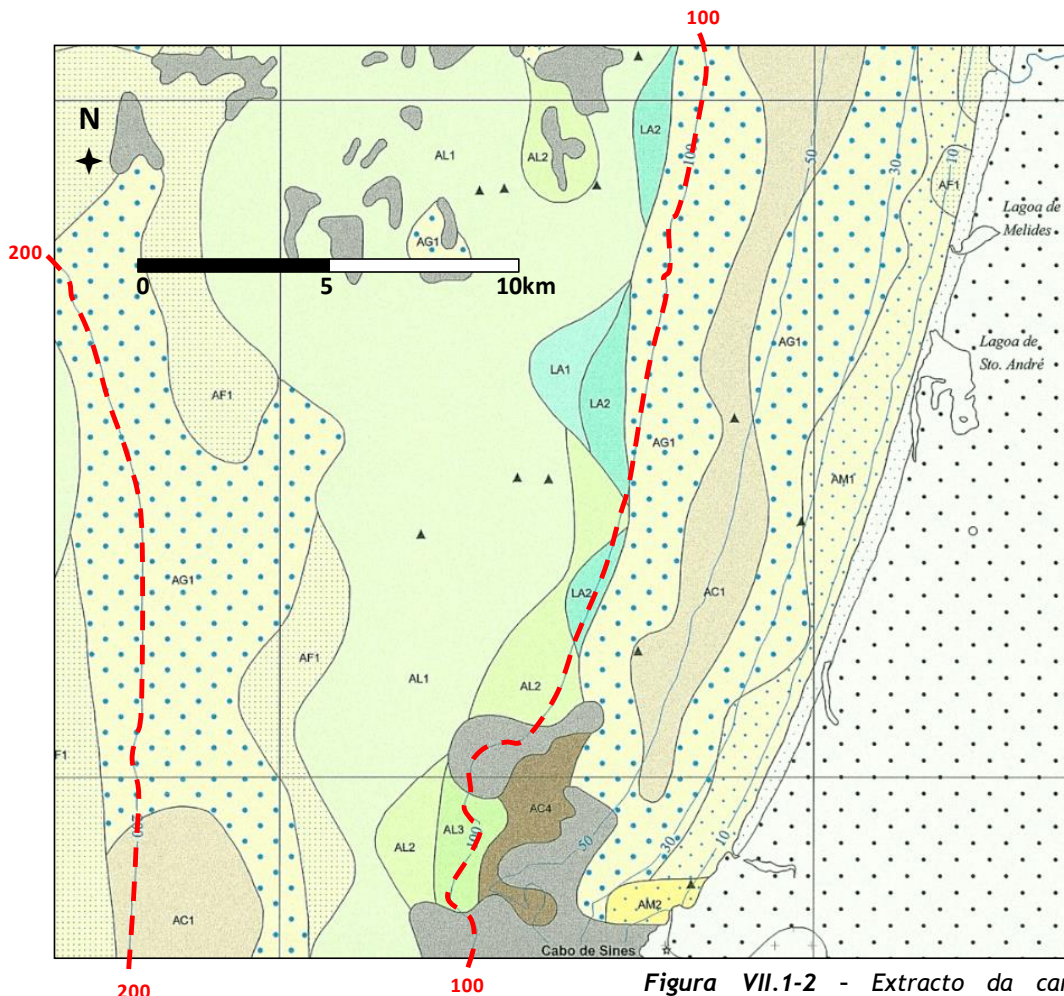
**Figura VII.1-1** - A - Localização do segmento costeiro em estudo no litoral ocidental a sul de Lisboa; B - Localização dos sistemas lagunares (assinalados a amarelo) e interdunares húmidos (assinalados a laranja) existentes na metade inferior do arco litoral Tróia-Sines.

É pois curioso notar a existência actualmente, em pleno domínio marinho, de três corpos sedimentares posicionados entre os actuais 100 e 120 m de profundidade aproximadamente em frente dos sistemas hídricos referidos, que se distinguem textural e composicionalmente dos depósitos enquadrantes. Os primeiros são texturalmente mais finos (lodos litobioarenosos) e ricos em bioclastos (**Figura VII.1-2**). Efectivamente, estes depósitos podem corresponder a materiais de antigas desembocaduras fluviais num paleolitoral contemporâneo do último período glaciário. A actual presença destes depósitos, estrategicamente colocados em posição geográfica no enfiamento das actuais zonas de desembocadura das bacias hidrográficas, sugere que estes podem corresponder a resíduos morfológicos estuarinos/lagunares de um litoral em erosão. Note-se que as antigas redes hídricas não teriam de ser obrigatoriamente quatro como hoje se observa (Melides, Santo André, Sancha, Moinhos - **Figura VII.1-3**), podendo uma delas ser afluente de outra. Por exemplo a ribeira de Moinhos podia ser afluente da margem esquerda do sistema fluvial da ribeira Barranco dos Bêbados (que desagua actualmente na Lagoa da Sancha) ou a ribeira das Fontainhas ser um afluente direito do sistema hídrico da ribeira de Melides ou a ribeira de Melides ser afluente do sistema hídrico das cinco ribeiras que actualmente desaguam na Lagoa de Santo André. No primeiro caso, a hipótese é corroborada pelo seguinte: a protuberância do cabo de Sines tem prolongamento, na zona imersa, para ocidente e para norte (**Figura VII.1-2**), o que poderia condicionar a escorrência superficial, que tenderia a erodir, mais para norte, os terrenos mais brandos das litologias cenozóicas. Veja-se uma situação análoga da evolução do litoral algarvio: os actuais sistemas hídricos da ribeira da Quarteira, de Almargem e de Carcavai, que actualmente funcionam como sistemas fluviais independentes com descarga na actual linha de costa, fariam parte do mesmo sistema fluvial há 9000 anos, pois segundo TEIXEIRA (2005) os dois últimos eram afluentes da margem esquerda da ribeira de Quarteira, tendo-se apenas individualizado há cerca de 4000 anos como consequência do processo de recuo da linha de costa que ao trincar o antigo estuário separou estas sub-bacias hídricas em três sistemas fluviais independentes.

O entalhe fluvial da rede de drenagem no final do Plistocénico, já em pleno período de deglaciação mas ainda com o nível de base bastante baixo, promoveu a erosão dos materiais detríticos e brandos miocénicos e pliocénicos (arenitos, argilitos - unidades basais que correspondem ao **SUBSTRATO GEOLÓGICO** identificado nas sondagens MB, MIGM, VFM, LSA).

Sobre estes materiais afectados por incisão fluvial, acumularam-se espessas sequências em regime de eustatismo positivo, que correspondem a cinco FASES do **MODELO DE EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL**, correspondendo a diferentes condições ambientais, que a seguir se descrevem, com o auxílio das **Figuras VII.1-4 e VII.1-5**.





**Legenda:**

Litologias presentes no continente:

- Areias recentes de dunas e praias
- Areias, cascalheiras, terraços e complexos argilo-grossos

**Figura VII.1-2 - Extracto da carta de sedimentos superficiais da plataforma continental do Cabo da Roca ao Cabo de Sines editada em 2005 pelo Instituto Hidrográfico. As isobatas dos 100 e 200 m foram realçadas com linha vermelha tracejada.**

Carcterísticas sedimentológicas dos sedimntos presentes na plataforma:

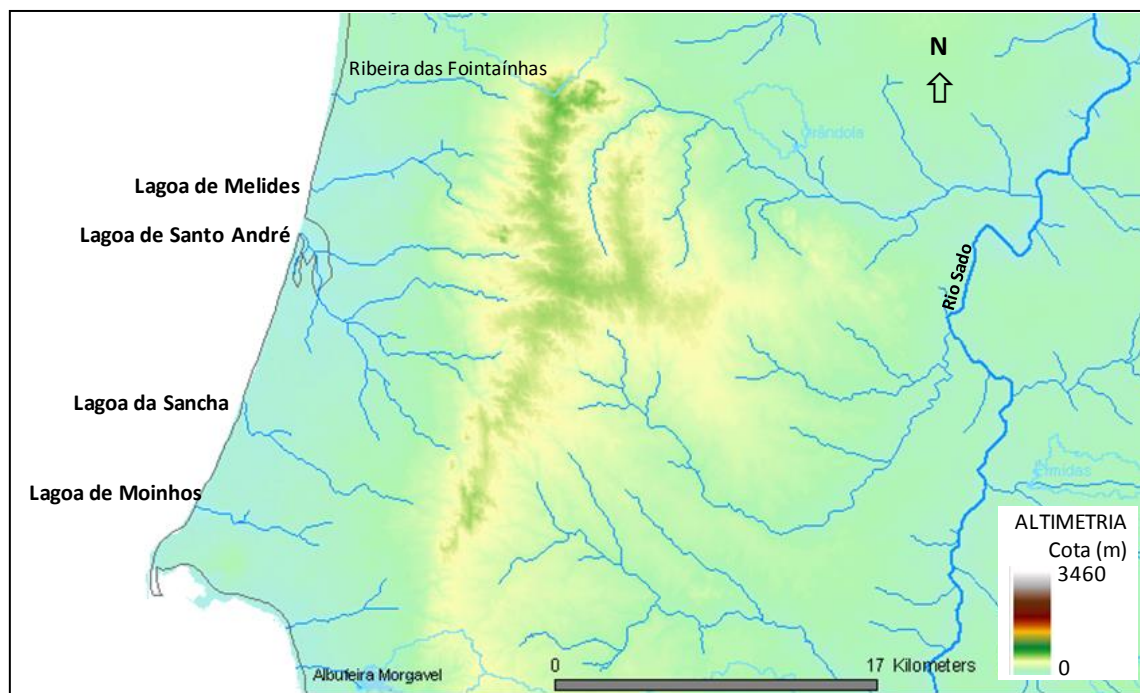
	CASCALHOS				AREIAS				SEDIMENTOS LODOSOS			
	L < 10 %	A + L < 50 %	Md > 2 mm	C > 50 %	L < 10 %	A + L > 50 %	Md < 2 mm		L > 10 %			
SEDIMENTOS LITOCLÁSTICOS	CASCALHOS LITOCLÁSTICOS				AREIAS LITOCLÁSTICAS				SED. LODOSOS LITOCLÁSTICOS			
	Sup. a 2 mm > 70 %				Sup. a 2 mm < 15 %				Sup. a 2 mm < 15 %			
	FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE			
Calcário < 30 %	Sup. 8 a 30 mm CG1 Cascalho grosseiro litolástico	Sup. 4 a 8 mm CM1 Cascalho médio litolástico	Sup. 2 a 4 mm CF1 Cascalho fino litolástico	Sup. 0 a 2 mm > 70 % CA1 Cascalho arenoso litolástico	Sup. 0 a 2 mm > 15 % AC1 Areia cascalhenta litolástica	Sup. 0 a 5 mm AG1 Areia grossa litolástica	Sup. 0 a 2 mm < 15 % AM1 Areia média litolástica	Sup. 0 a 0,062 a 0,25 mm AF1 Areia fina litolástica	Sup. 0 a 25 % AL1 Areia lodososa	Sup. 25 % < L < 50 % LA1 Lodo litolástico	Sup. 50 % < L < 90 % L1 Lodo biolítico	Sup. L > 90 % LL1 Lodo biolítico
	AREIAS LITOBIOCLÁSTICAS				AREIAS LITOBIOCLÁSTICAS				SED. LODOSOS LITOBIOCLÁSTICOS			
SEDIMENTOS LITOBIOCLÁSTICOS	Sup. a 2 mm > 70 %				Sup. a 2 mm < 15 %				Sup. a 2 mm < 15 %			
	FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE			
	30 % < calcário < 50 %	Sup. 8 a 30 mm CG2 Cascalho grosseiro litobiolástico	Sup. 4 a 8 mm CM2 Cascalho médio litobiolástico	Sup. 2 a 4 mm CF2 Cascalho fino litobiolástico	Sup. 0 a 2 mm > 70 % CA2 Cascalho arenoso litobiolástico	Sup. 0 a 2 mm > 15 % AC2 Areia cascalhenta litobiolástica	Sup. 0 a 5 mm AG2 Areia grossa litobiolástica	Sup. 0 a 2 mm < 15 % AM2 Areia média litobiolástica	Sup. 0 a 0,062 a 0,25 mm AF2 Areia fina litobiolástica	Sup. 0 a 25 % AL2 Areia lodososa	Sup. 25 % < L < 50 % LA2 Lodo litobiolástico	Sup. 50 % < L < 90 % L2 Lodo biolítico
AREIAS BIOLITOCLÁSTICAS				AREIAS BIOLITOCLÁSTICAS				SED. LODOSOS BIOLITOCLÁSTICOS				
SEDIMENTOS BIOLITOCLÁSTICOS	Sup. a 2 mm > 70 %				Sup. a 2 mm < 15 %				Sup. a 2 mm < 15 %			
	FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE			
	50 % < calcário < 70 %	Sup. 8 a 30 mm CG3 Cascalho grosseiro biolítico	Sup. 4 a 8 mm CM3 Cascalho médio biolítico	Sup. 2 a 4 mm CF3 Cascalho fino biolítico	Sup. 0 a 2 mm > 70 % CA3 Cascalho arenoso biolítico	Sup. 0 a 2 mm > 15 % AC3 Areia cascalhenta biolítica	Sup. 0 a 5 mm AG3 Areia grossa biolítica	Sup. 0 a 2 mm < 15 % AM3 Areia média biolítica	Sup. 0 a 0,062 a 0,25 mm AF3 Areia fina biolítica	Sup. 0 a 25 % AL3 Areia lodososa	Sup. 25 % < L < 50 % LA3 Lodo biolítico	Sup. 50 % < L < 90 % L3 Lodo biolítico
AREIAS BIOCLÁSTICAS				AREIAS BIOCLÁSTICAS				SED. LODOSOS BIOCLÁSTICOS				
SEDIMENTOS BIOCLÁSTICOS	Sup. a 2 mm > 70 %				Sup. a 2 mm < 15 %				Sup. a 2 mm < 15 %			
	FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE				FRACÇÃO DOMINANTE			
	Calcário > 70 %	Sup. 8 a 30 mm CG4 Cascalho grosseiro bioclástico	Sup. 4 a 8 mm CM4 Cascalho médio bioclástico	Sup. 2 a 4 mm CF4 Cascalho fino bioclástico	Sup. 0 a 2 mm > 70 % CA4 Cascalho arenoso bioclástico	Sup. 0 a 2 mm > 15 % AC4 Areia cascalhenta bioclástica	Sup. 0 a 5 mm AG4 Areia grossa bioclástica	Sup. 0 a 2 mm < 15 % AM4 Areia média bioclástica	Sup. 0 a 0,062 a 0,25 mm AF4 Areia fina bioclástica	Sup. 0 a 25 % AL4 Areia lodososa	Sup. 25 % < L < 50 % LA4 Lodo bioclástico	Sup. 50 % < L < 90 % L4 Lodo bioclástico
AREIAS BIOCLÁSTICAS				AREIAS BIOCLÁSTICAS				SED. LODOSOS BIOCLÁSTICOS				

C - cascalho  
A - areia  
L - lodo

- zona rochosa

100

- isobática dos 100 metros



**Figura VII.1-3** - Rede hidrográfica das ribeiras do litoral alentejano a ocidente da bacia hidrográfica do rio Sado e altimetria da região, onde é perceptível a linha de divisão de escorrência superficial formada pelo alinhamento de relevos das serras litorais (Serras de Grândola e de São Francisco da Serra) (imagem adaptada de <http://geo.snirh.pt>, consultado em Agosto de 2010).

**Tabela VII.1-1** - Sondagens estudadas/consultadas que permitiram a reconstrução da evolução a macro e meso-escala temporal do segmento costeiro entre a Lagoa de Melides e Sines. As cores representam o actual domínio onde foram realizadas as sondagens (ver legenda em baixo).

Local da sondagem/Refª sondagem																		
Lagoa de Melides		Lagoa de Sto. André		Poços do Barbaroxa			Poço do Pinheirinho	Lagoa da Sancha	Complexo Dunar	Ribeira de Moinhos								
MEL1	FREITAS et al. (2002)	LSA4	LOPES et al. (2010)	BB1	presente estudo	BM1	PP	BC1	FREITAS et al. (2001)	LS1	presente estudo	S1	RODIO (1973)	RM1	cabeça índice			
MEL2		LSA	FREITAS et al. (2003)	BB2		BM2		BC2		LS2		S2		RM2				
MEL3		C1	MOREIRA et al. (2009)	BB3		BM3		BC3		LS3		S3		RM3				
MEL4		C2		BB4		BM4		BC4		LS4		S4		RM4				
MEL5		C3		BB5		BM5		BC5		LS5		S5	TEIXEIRA & MARQUES (1979)	RMO				
MEL6		C4		BB6		BM6		BC6		LS6		S6						
MEL7		C5		BB7		BM7		BC7		LS6A		F1						
MEL8		C6		BB8		BM8		BC8		LS7		F2						
MEL9		C7		BB8A		BM9		BC9		LS8		F3						
MB	C8	BB9	BM10	BC10	LS9	F4												
MIGM	C9	BB10	BM11	BC11	LS10	F5	CARVALHO & SILVA (1979)	MATOS (1991)										
MC I	SANTOS (1999)	C10	BB11	BM12	BC12	LS11			F6									
MC II	FREITAS (dados Indígenas)	C11	BB12	BM13	BC13	LS12			S1									
MC IIR		C12	BB13	BM14	BC14	LS13			S2									
Lajes I		C13	BB14	BM15	BC15	LS14			S3									
Lajes II	C14	BB15	BM16	BC(Q)	LS15	S4			TEIXEIRA DUARTE (1976)									
VFM-A			BM17		LS16	S5												
VFM-B			BM18		LS17	S6												
VFM-C			BM19		LS18	S7												
VFM-D			BM20		LS19	S8												
VFM-E			BM21		LS20	S9												
VFM-F					LS21	S10												
VFM-G					LS22	S11												
PS-1	PERSONDA (1995)					LS23	T1	MATOS (1991)										
Melides 1	ACRIPOL (1996)					LS24	T2											
Melides 2						LS25	T3											
Melides 3						LS26	T4											
Melides 4							T5											
							S8			TEIXEIRA DUARTE (1973)								
							S14											
							P8											
								P9										
28		16		16		21		16		1		27		32		5		Total de sondagens
DOMÍNIOS actuais do local onde foram efectuadas as sondagens																		
LEGENDA:																		
LITORAL		LAGUNAR		ALUVIAL PROXIMAL		ALUVIAL DISTAL		INTERDUNAR		INTERDUNAR				Não definido				



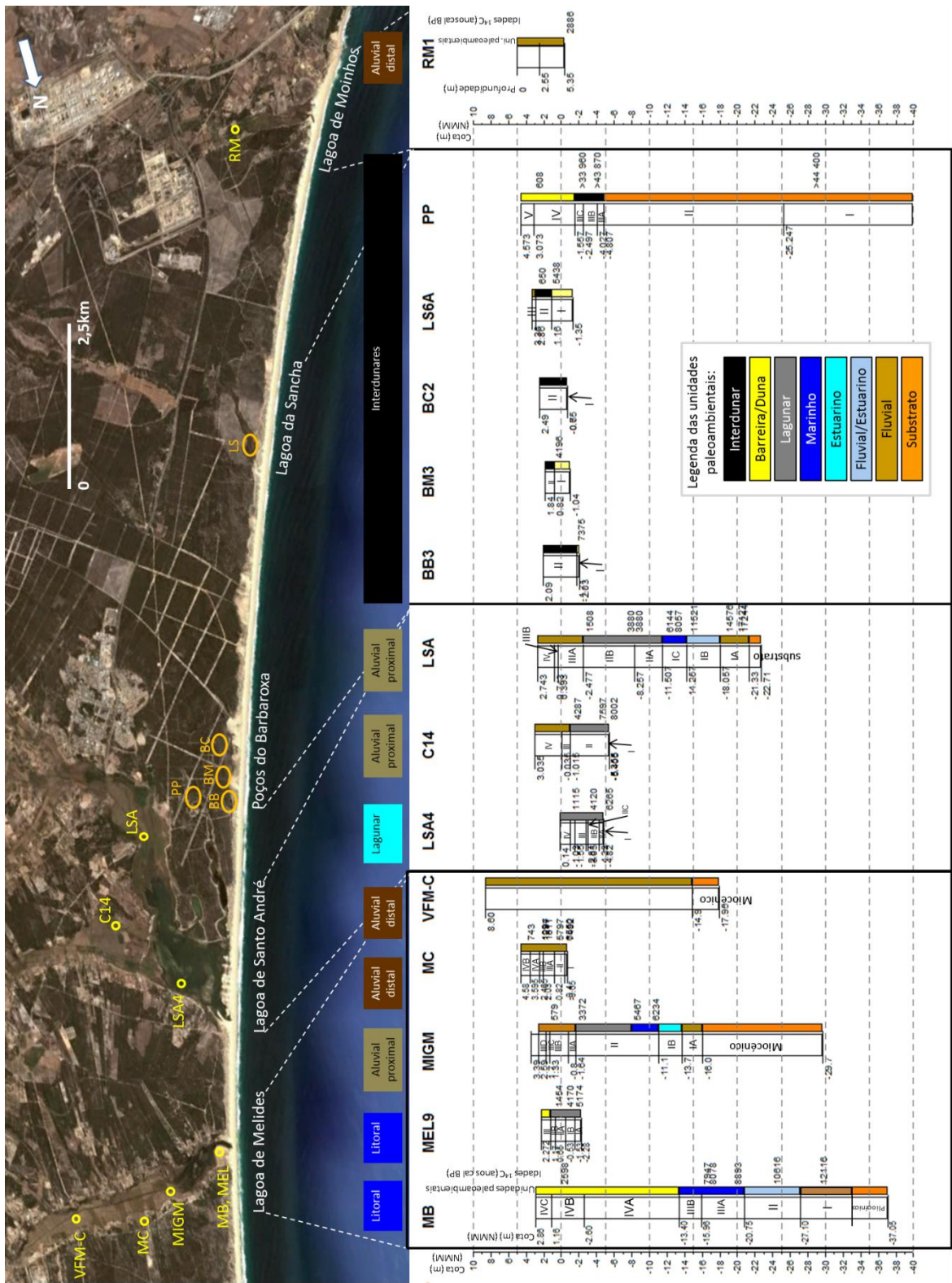


Figura VII.1-4 - Segmento litoral entre a Lagoa de Melides e o cabo de Sines, com a localização de algumas sondagens de cada ambiente estudado. As sondagens para este esquema foram seleccionadas tendo em conta a informação pertinente para a construção do modelo de evolução do segmento costeiro em análise. Na base da imagem de satélite assinalam-se por cores diferenciadas os distintos domínios ambientais actuais onde foram recolhidas as sondagens. As cores atribuídas às diferentes unidades de cada sondagem indicam distintos paleoambientes (ver legenda na imagem). Até à data não existe informação sobre a altimetria da sondagem RM1 (Lagoa de Moinhos), pelo que a sua colocação lateralmente às restantes foi efectuada sem relação altimétrica. Idades radiocarbónico em cal BP.



**FASE A (11 000 - 10 000 BP; 13 000 - 11 500 cal BP)**

Revestindo os vales, encontram-se depósitos cascalhentos (cascalheiras de base) nos troços que corresponderiam a segmentos intermédios de um curso fluvial (unidades I em MB, IA em MIGM, C4 em VFM, IA em LSA) (**Figura VII.1-4**). As características marcadamente continentais destes depósitos permitem inferir que a linha de costa e o NMM contemporâneos, estariam certamente posicionados mais a oeste e numa cota mais baixa. A altimetria desta cascalheira de base, que reveste o talvegue da linha de água, acompanhará o declive dos vales, ocupando posições progressivamente mais baixas para oeste. Pode então afirmar-se que o NMM estaria numa posição mais baixa que o topo da cascalheira na região mais a jusante.

No conjunto das sondagens estudadas, é a MB que se encontra nessa posição no vale da ribeira de Melides, encontrando-se o topo da cascalheira à cota de -27 m (NMM). Deste modo, confirma-se que o NMM, no final do Plistocénico, estaria abaixo desta cota. Efectivamente, segundo DIAS *et al.* (2000) o NMM estaria a -60 m (**Figura VI.1-95**). No entanto, nas regiões mais a montante dos sistemas de Melides (sondagens MIGM e VFM) e de Santo André (sondagem LSA), o topo desta unidade fluvial posicionada relativamente ao NMM encontra-se aproximadamente a -14 m (MIGM), -10 m (VFM) e -18 m (LSA), reforçando que a sedimentação continental grosseira se fazia a cotas progressivamente mais altas à medida que nos distanciamos do litoral. Na Lagoa de Santo André, este tipo de sedimentação acaba temporalmente mais cedo. Contemporaneamente, na região a sul da Lagoa de Santo André, na área correspondente ao Complexo Dunar Antigo, continuava o robustecimento/construção/movimentação dos edifícios dunares, que seria responsável pelo soterramento de materiais vasosos e orgânicos (antigos interdunares húmidos) existentes no interior do sistema dunar (unidade III na sondagem PP - **Figura VI.2-123 a VI.2-127 e Figura VII.1-4**). Esta fase é classificada como **FLUVIAL ANTIGO** tanto no domínio Litoral, como no Aluvial Proximal e no Aluvial Distal.

**FASE B (10 000 - 8000 BP; 11 500 - 9000 cal BP)**

Durante os primeiros tempos do Holocénico, os sedimentos são marcados por uma diminuição granulométrica, sugerindo uma diminuição da energia do ambiente de deposição. A contínua subida do NMM, vem promover o início da influência marinha nos antigos vales fluviais, que registam a deposição de materiais com assinaturas sedimentológicas, geoquímicas e paleoecológicas de eventos alternadamente mais marinhos ou mais fluviais. Efectivamente, durante este período, de modo geral, os bioclastos estão ausentes, sendo baixos os teores de elementos paleosalinos, sugerindo a permanência de sedimentação em ambiente fluvial. No entanto, alguns níveis revelam elevadas concentrações de S (MB e MIGM) e de Cl e Br (MB), sugerindo pequenos eventos de influência marinha, onde os indicadores paleoecológicos revelam a sua presença. No entanto, na região mais a montante (aluvial proximal) no vale da ribeira de Melides, estes indicadores são incipientes ou mesmo ausentes no registo, diminuindo ainda mais para a região mais a montante (aluvial distal). Aí, os sedimentos são maioritariamente arenosos, sem bioclastos e com rara matéria orgânica, indicando que a atenuação da influência marinha já verificada de MB para MIGM se acentua, não se fazendo sentir no local das sondagens VFM, dominando aí o ambiente fluvial. Esta fase é interpretada no registo como **FLUVIAL/ESTUARINA** nos domínios Litoral e Aluvial Proximal (unidades II em MB, IB em MIGM e IB em LSA) e **FLUVIAL** no domínio Aluvial Distal (unidade C3 em VFM). Note-se que nas

posições aluviais distais da linha de costa (sondagens VFM), neste período a sedimentação permanece com características fluviais, indicando que a influência marinha não se propagaria muito para montante.

#### **FASE C (8 000 - 5000 BP; 9000 - 5500 cal BP)**

A contínua subida do NMM vem promover a inundação dos antigos vales e zonas costeiras baixas, deixando no registo geológico acentuada marca de influência marinha, contrastando os materiais sedimentares com os das unidades subjacentes. Texturalmente, tem-se a presença de sedimentos arenosos e vasosos, onde a frac o grosseira é composta maioritariamente por bioclastos que conferem teores elevados de carbonato de Ca, indiciadores de elevada bioprodutividade associada a uma maior influência marinha no sistema. A presença de vasas aumenta, os teores de matéria orgânica e de indicadores paleosalinos atingem nesta fase os teores máximos. A máxima influência marinha é sentida em MB   cota aproximada de -16 m (NMM) (topo da unidade IIIA, ~7000 anos BP - 7850 cal BP), enquanto em MIGM se posiciona próximo de -9 m (NMM) (próximo da base da unidade II, ~5500 anos BP - 6300 cal BP). Este desfasamento altimétrico pode ser o responsável pelo desfasamento temporal do sinal da máxima influência marinha no sistema de Melides, que embora se faça sentir 1500 anos mais tarde em MIGM, não chega a ser tão intenso como em MB. Na região mais a montante, no local das sondagens VFM, a transgressão holoc nica não deixa registo da influência marinha no sistema, permanecendo a sedimenta o fluvial. Na Lagoa de Santo André, esta fase corresponde à unidade IC que se encontra numa posi o altimétrica intermédia entre MB e MIGM. Esta fase é interpretada no registo como **ESTUARINA/MARINHA** nos domínios Litoral e Aluvial Proximal (unidades IIIA e IIIB em MB, base da unidade II em MIGM e IC em LSA) e **FLUVIAL** no domínio Aluvial Distal (unidade C3 em VFM). A base destas unidades encontra-se (relativamente ao NMM) aproximadamente a -21 m em MB, a -11 m em MIGM e a -14 m em LSA, para uma sedimenta o que se terá iniciado há cerca de 9000 anos cal BP em MB. Comparando com a curva do nível médio do mar (DIAS *et al.*, 2000 - **Figura VI.1-95**), verifica-se que para esse período o NMM estaria aproximadamente a -15 m (NMM).

  durante esta fase que a subida da cunha salina força o aparecimento do aquífero livre nas depressões interdunares com cotas da base mais baixas, como é o caso do Poço do Barbaroxa de Baixo (cota = -2,5 m NMM, tendo iniciado a sedimenta o há mais de 7000 anos cal BP) e o Poço do Barbaroxa de Cima (cota = -1,7 m NMM, tendo iniciado a sedimenta o há cerca de 7500 anos cal BP). Nestas depress es confinadas, geraram-se condi es de paludifica o permanente para a acumula o de sedimentos de características org nicas.

#### **FASE D (5000 - actualidade; 5500 - actualidade)**

Durante esta fase assiste-se a desacelera o e estabiliza o do NMM, mantendo-se um sinal de eustatismo positivo. Esta fase regista-se após o auge da influ ncia marinha e esta desacelera o combinada com uma maior disponibilidade de sedimentos, vem permitir o crescimento de restingas arenosas nas embocaduras dos vales fluviais (ex: Melides) ou de baías costeiras (ex: Santo André), transformando os ambientes de estuário/ria e assistindo-se ao “nascimento” das lagunas de Melides e Santo André. A estabilidade posterior desta barreira arenosa vem condicionar toda a evolu o sedimentar

desta região, permanecendo no registo geológico a “marca” de períodos de maior ou menor permeabilidade, que nos diferentes domínios condicionaram a acumulação de diversos tipos de materiais sedimentares. Os ambientes a montante da barreira, ficam, pois, com trocas reduzidas com o meio marinho, que se passa a fazer através de barras de maré ou por galgamentos oceânicos. No interior, a sedimentação passa a ser texturalmente mais fina e enriquecida em matéria orgânica. Durante esta fase, em Melides, foram identificadas 6 etapas (D1 a D6), mas nos domínios extremos do paleovale - litoral e aluvial distal - o registo revela sempre o mesmo ambiente - barreira e fluvial, respectivamente.

Esta fase corresponde às unidades IV em MB, I, II, III em MEL, II, III em MIGM, II, III, IV, V em MC e C1e C3 em VFM.

Esta fase é interpretada no registo como **BARREIRA/LAGUNAR** no domínio Litoral (unidade IV em MB), **LAGUNAR/FLUVIAL** no domínio Aluvial Proximal (topo unidade II e a III em MIGM e II, III e IV em LSA) e **FLUVIAL** no domínio Aluvial Distal (unidade C3 em VFM).

#### **D1 - 5000 e 4500 anos BP: (5500 - 5200 anos cal BP)**

Na região da barreira arenosa ocorre sedimentação arenosa sob a influência de um canal de maré (unidade IA - sondagens MEL). No domínio aluvial proximal, após uma fugaz influência marinha nesta região mais a montante, evolui-se para uma sedimentação lagunar. No domínio aluvial distal ocorre sedimentação fluvial estando presentes depósitos marginais correspondendo a ambientes de paludificação.

Na Lagoa de Santo André é também neste momento que se assiste ao início da sedimentação lagunar (unidade II), que perdura até há cerca de 1500 anos cal BP. A unidade IIA, que se deposita até há cerca de 3900 anos cal BP, revela um período em que a barra de maré foi menos permeável (menos influência do sistema marinho), pelo que esta unidade corresponde às etapas D1, D2, D3 e D4 de Melides. Note-se que em Melides a barra é aberta com maior frequência, embora o número de dias em que permanece activa é menor, que em Santo André.

#### **D2 - 4500 e 4300 anos BP (5200 - 5000 anos cal BP)**

Na região litoral (sondagens MEL - base da unidade IB) depositam-se materiais lodosos (nível “marcador”), em alguns locais com bioclastos, indiciando a ocorrência de uma subida importante do nível da cota do plano de água lagunar, provavelmente como consequência de um maior robustecimento da barreira (menos permeável). No domínio aluvial proximal (sondagem MIGM - zona intermédia da unidade II), detecta-se este aumento da espessura do hidrossoma lagunar, pois encontra-se presente um evento de sedimentação fina. No domínio aluvial distal (MC IIR - unidade II), após uma sedimentação turfosa, também se assiste a uma transição para um depósito de características texturalmente mais finas, lodosas (MC I e MC IIR - base da unidade III).

#### **D3 - 4300 e 3700 anos BP (5000 - 4200 anos cal BP):**

No domínio litoral (sondagens MEL - topo da unidade IB) retoma-se um registo sedimentar típico de um aumento de hidrodinamismo e de uma diminuição da espessura da coluna de água lagunar, indiciando uma maior ocorrência de períodos de barra aberta, que potencia um aumento das correntes e mantém

níveis hídricos mais baixos no interior da laguna. Mais para montante (MIGM - zona intermédia da unidade II) passa-se igualmente a depósitos arenosos com alguns bioclastos, confirmando a hipótese apresentada no ponto anterior. No domínio aluvial distal (sondagem MC IIR - zona intermédia da unidade IIIA), é notória uma terrestrialização da margem ribeirinha, acumulando-se durante este período materiais mais orgânicos/turfosos, confirmando a diminuição do nível hídrico dentro sistema lagunar de Melides.

#### **D4 - 3700 e 1800 anos BP (4200 - 2000 anos cal BP):**

Assiste-se a um aumento da espessura do hidrossoma lagunar (essencialmente vasas), em ambiente de barreira, mas onde a influência marinha se mantém importante, pois abundam os bioclastos e no domínio litoral corresponde nas sondagens MB: topo da unidade IVB; e MEL - unidade IIA. No domínio aluvial proximal (MIGM - topo unidade II), é notória a presença de um nível igualmente vasoso mais antigo que 3170 anos, ao qual se sobrepõem materiais mais arenosos, tal como observado em MEL9. É dentro deste intervalo temporal que se assiste à chegada dos depósitos fluviais lodosos (frente de progradação aluvial) à zona da sondagem MIGM (unidade IIIA), que cobrem os anteriores depósitos lagunares. No domínio aluvial distal também ocorre sedimentação fina na planície de inundação (sondagem MC IIR - topo da unidade IIIA).

Na Lagoa de Santo André, no domínio aluvial proximal - a unidade IIB (3800 a 1500 cal BP) revela um período de maior permeabilidade da barreira.

#### **D5 - 1800 e 1100 anos BP (2000 - 1200 anos cal BP):**

Na zona litoral, a sedimentação regista evidências de uma descida importante da coluna de água que coloca este local numa posição marginal da barreira muito menos alagada (sondagens MB - topo da unidade IVB; MEL - unidade IIB), onde se acumulam depósitos essencialmente turfosos, sem bioclastos, de características mais ácidas. No domínio aluvial proximal (MIGM - unidade IIIB) depositam-se materiais detríticos mais grosseiros de características mais fluviais. Mais a montante, o local onde antes se depositavam lodos de inundação, adquire uma posição mais marginal no sistema fluvial (sondagem MC IIR - unidade IIIB), passando a acumular-se materiais mais orgânicos e turfosos. Todos os domínios registam diminuição do hidrossoma, que promove a evolução do sistema para uma terrestrialização (baixo nível de água) - talvez devido a maior permeabilidade da barreira.

Na Lagoa de Santo André na região da sondagem assiste-se à progradação da frente fluvial, que cobre os antigos depósitos lagunares.

#### **D6 - 1100 anos BP e a actualidade (1200 anos cal BP - actualidade):**

Na região litoral assiste-se à progradação da barreira arenosa para nascente (sondagens MB - sub-unidade IVC; MEL - unidade III), como fenómenos de reactivação por galgamento ("washovers"), sobrepondo-se aos depósitos lagunares marginais da barreira. Nos domínios aluvial proximal e distal assiste-se a novo período de inundação e inicia-se uma maior influência antrópica no sistema (agricultura+deflorestação), que continua até ao presente.

Em Santo André, a sedimentação no depocentro da laguna continua, mas assiste-se a uma diminuição do perímetro lagunar por contínua progradação das frentes fluviais.

Numa tentativa de correlacionar os eventos encontrados nos ambientes lagunares desde o último máximo glaciário com os registados nos interdunares, estabeleceu-se uma comparação cronológica dos dois tipos de registos (**Tabela VII.2-1** e **Tabela VII.2-2**). Nestas tabelas é possível verificar que o início da inundação dos interdunares ocorre durante a Fase C de Melides (9000 aos 5500 cal BP), num período em que se assiste à inundação do vale da Ribeira de Melides e a baía de Santo André e se denota o máximo da influência oceânica nestes sistemas, até que há cerca de 5500 anos, contemporaneamente com o Evento de Terrestrialização 6, se assiste à implantação das barreiras arenosas que isolam do contacto com o mar os antigos estuário/ria, respectivamente em consequência da desaceleração da subida do NMM. Note-se que a partir do momento em que o cordão arenoso se fixa na embocadura dos sistemas, convertendo o antigo estuário em ambiente lagunar, toda a sedimentação a montante, seja na região vestibular, seja em posições aluviais proximais, fica na dependência da dinâmica da barreira, mais concretamente da sua maior ou menor permeabilidade.

Pode dizer-se que a evolução dos vales onde se inserem os ambientes lagunares (Lagoas de Melides e Santo André), vai ser condicionada principalmente pela subida do nível do mar, acumulando-se diferentes tipos de materiais de acordo com a distância à linha de costa contemporânea e a partir do momento em que se instala a barreira arenosa, com a dinâmica da barra de maré. As diferentes sequências sedimentares encontradas reflectem, sobretudo, o diferente posicionamento das sondagens no espaço.

No complexo dunar, a sedimentação será marcada essencialmente pela oscilação do nível freático e pela cota do fundo das depressões dunares, que inevitavelmente permitirá o aparecimento de interdunares húmidos apenas em alguns pontos do CDA. A evolução a partir do momento em que o nível freático aflora no fundo da depressão, será condicionada pelo nível médio do mar, como impulsor do aquífero livre por impulsão da cunha salina, e por eventos climáticos com maior ou menor quantidade de precipitação.

Tendo estes pressupostos em mente, é perceptível que a correlação entre as Fases encontradas nos ambientes lagunares e os Eventos paleoclimáticos registados nos interdunares se torna mais difícil de estabelecer. Deste modo, o registo integrado do preenchimento orgânico dos quatro interdunares estudados permitiu identificar, durante o Holocénico, sete episódios milenares a submilenares de “terrestrialização”, com início nos registos a:

- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 1: 800 BP (710 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 2: 1100 BP (1010 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 3: 1770 BP (1670 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 4: 2730 BP (2820 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 5: 3870 BP (4320 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 6: 4800 BP (5540 cal BP);
- EVENTO DE TERRESTRIALIZAÇÃO 7: 6410 BP (7350 cal BP).

Estes estão alternados com períodos que denotam aumento de condições de maior humidade (períodos de “inundação”). A identificação destas oscilações na fachada litoral ocidental portuguesa vem confirmar a instabilidade climática do Holocénico, período considerado durante muito tempo como relativamente estável.

**Tabela VII.2-1** - Cronologia (início) das FASES definidas no registo sedimentar do ambiente da Lagoa de Melides.

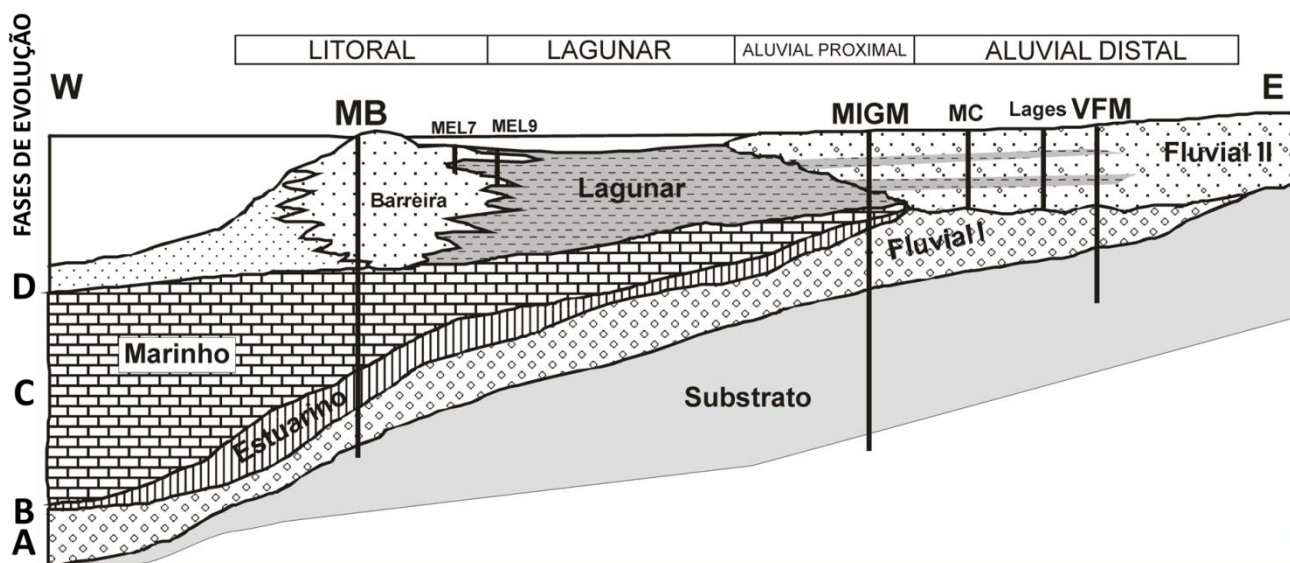
FASES	Anos Cal BP	Litoral	Aluv.Prox.	Aluv.Dist.
D6	1200/700 - act.	B	F	F
D5	2000	B	F	F
D4	4200	B	L	F
D3	5000	B	L	F
D2	5200	B	L	F
D1	5500	B	M/L	F
C	9000	E/M	E/M	F
B	11 500	F/E	F/E	F
A	13 000	F	F	F
	PP - Mioc.	S	S	S

**Legenda:**

B - Barreira, L - Lagunar, E - Estuarino, M - Marinho, F - Fluvial, S - Substrato

**Tabela VII.2-2** - Cronologia (início) dos eventos de terrestrialização (T) e de inundação, identificados nos interdunares estudados.

Evento	Anos BP	Anos Cal BP	Eventos climáticos
		150	Pós Pequena Idade do Gelo
T 1	800	710	Pequena Idade do Gelo
Inundação	900	840	Pequeno Ótimo Climático
T 2	1100	1010	
Inundação	1510	1380	“Período das Trevas”
T 3	1774	1670	
Inundação	2365	2350	Período Quente Romano
T 4	2730	2820	
Inundação	3138	3370	
T 5	3867	4320	
Inundação	4510	5170	
T 6	4803	5540	
Inundação	5332	6100	
T 7	6410	7350	



**Figura VII.1-5** - Modelo a 2 dimensões da evolução holocénica do paleovale da ribeira de Melides (adaptado de Cachão & Freitas - dados inéditos).

A comparação cronológica com eventos climáticos identificados na bibliografia em sequências sedimentares marinhas e continentais (eventos frios detectados em sondagens no Atlântico Norte (BOND et al., 1997, 1999) e no Atlântico W Africano (deMENOCAL, 2000), eventos de aridez identificados através de registos polínicos do enchimento do paleovale do rio Guadiana, sul de Portugal (FLETCHER et al., 2007) e eventos de dessecação do Lago Siles na região SE de Espanha (CARRIÓN, 2002)), vem reforçar que a cronologia destes nem sempre é exactamente coincidente, podendo verificar-se ligeiros desfasamentos temporais.

Não obstante a necessidade de obtenção de um melhor enquadramento cronológico, conseguido através de um maior número de datações radioisotópicas, verifica-se que os 7 eventos de terrestrialização identificados nos últimos 7000 anos cal BP (com os seus intervalos temporais), face à variabilidade das taxas de sedimentação identificadas nestes ambientes, apresentam uma boa correlação com eventos climáticos definidos no registo marinho e continental. Tal facto sugere que o estudo do preenchimento orgânico de interdunares húmidos da fachada ocidental portuguesa pode contribuir para a identificação de oscilações climáticas globais, nomeadamente as milenares, servindo de base para correlação com os registos obtidos noutros ambientes.

É de salientar que a maior influência marinha nos interdunares, detectada próximo do final do evento de terrestrialização 5, iniciado pouco antes dos 3370 anos cal BP, coincide com o impulso da subida do nível do mar que se segue ao período de quase estabilização entre os 5000 e os 3500 anos cal BP. Este sinal marinho pode indicar que a subida do nível do mar provavelmente obrigou à movimentação para nascente da cunha salina, sob o aquífero doce, induzindo a percolação de águas salobras no interior das turfeiras.

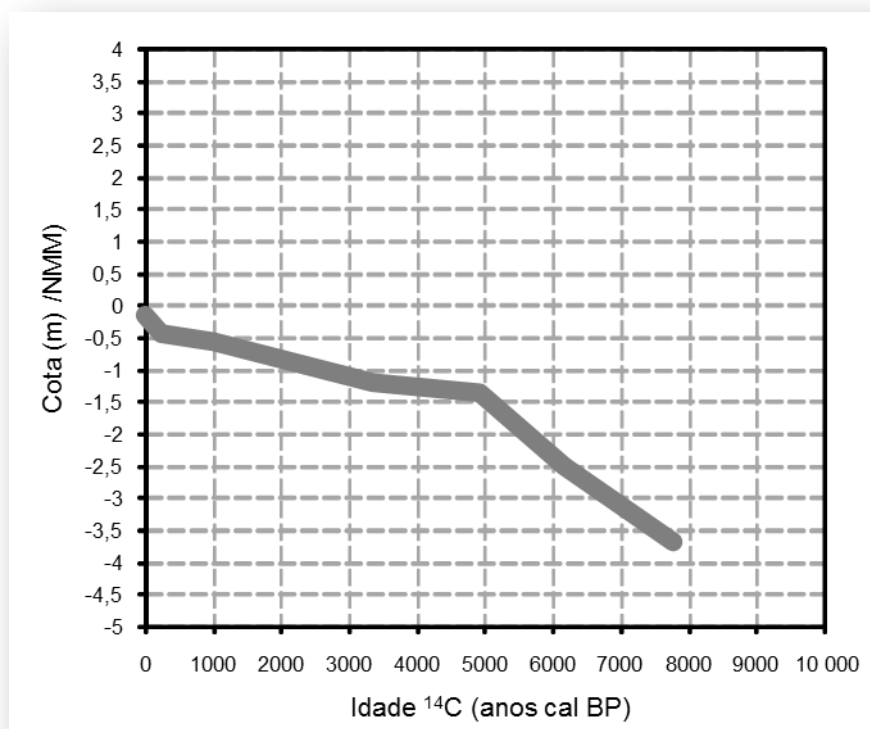
A comparação das sequências sedimentares dos quatro interdunares nos últimos 7000 anos vem revelar que o da Lagoa da Sancha é notoriamente diferente, principalmente nos últimos cerca de 750 anos cal BP. Estas modificações recentes observadas na Lagoa da Sancha resultam da conjugação dos factores naturais e antrópicos, conferindo a este interdunar um registo geológico que nos tempos recentes o distingue claramente dos restantes. Uma das hipóteses apontada poderá ser o aprisionamento de uma rede de drenagem com cerca de 35 km<sup>2</sup>, como consequência do robustecimento do cordão dunar durante a Pequena Idade do Gelo, que conduziu ao acarreio fluvial de natureza detrítica fina, que soterrou os antigos depósitos orgânicos.

Por último, tendo em conta a informação da altimetria absoluta e radioisotópica disponível para os quatro interdunares, elaborou-se a comparação de todos esses dados e verificou-se a concordância das taxas de sedimentação, para os últimos 7000 anos cal BP. Efectivamente, é notório uma sedimentação com taxas mais elevadas até há cerca de 5000 cal BP, na ordem dos 0,8 mm/ano. Segue-se um período até há cerca de 3000 anos cal BP em que se assiste a uma diminuição desses valores para cerca de 0,3 mm/ano. Finalmente, as taxas de sedimentação registam um incremento para o presente. Esta resposta síncrona dos quatro sistemas interdunares faz suspeitar da existência de um ou mais factores forçadores (global/regional) que afecte simultaneamente os interdunares estudados. As oscilações climáticas e do nível do mar podem ser apontadas como os principais factores que controlam a posição do nível freático nestas depressões. Uma vez que nestes interdunares a elevação do aquífero doce superficial posicionado



no interior do Complexo Dunar Antigo, está condicionada pelo avanço da cunha salina impulsionada pela subida do nível do mar, a taxa obtida nos interdunares pode ser utilizada como indicador indirecto das oscilações do nível do mar no troço litoral em análise.

Desse modo, feita a comparação com a curva do NMM proposta para o litoral português de TEIXEIRA *et al.* (2005), verificou-se concordância na forma da curva (maior taxa de subida entre os 9000 e os 7000 anos cal BP, passando posteriormente a uma desaceleração). Tendo em conta que a actual superfície dos interdunares apresenta uma superfície, em média, cerca de 2,5 m acima do actual NMM, e assumindo que essa diferença se manteve no passado, foi possível extrapolar a evolução do nível médio do mar para o litoral alentejano nos últimos 8000 anos cal BP, que se propõe na **Figura VII.1-6**. A observação da curva proposta sugere que há 7000 anos o nível estaria 0,5 m mais baixo (-3 m NMM) que o estimado por TEIXEIRA *et al.* (2005) e que ao contrário das evidências obtidas no litoral algarvio que preconizam um nível estático, ou próximo, nos últimos 4000 anos o nível médio do mar continuou a subir, embora com taxas diferenciadas. Após os 8000 anos cal BP, ter-se-á elevado a uma taxa de 0,8 mm/ano até que há cerca de 5000 se assistiu a uma importante desaceleração que se manteve por cerca de 1500 anos, reduzindo-se a taxa a 0,1 mm/ano, posicionando-se o nível do mar cerca de 1,5 m abaixo da posição actual. Segue-se um novo impulso a partir dos 3500 anos cal BP associado a uma taxa de 0,3 mm/ano, mas no período em análise é efectivamente nos últimos 1000 anos que a subida é mais acentuada, elevando-se o nível do mar a uma taxa de 1,2 mm/ano. Este valor é idêntico ao estimado para Cascais (1,3 mm/ano) e Lagos (1,5mm/ano), a partir das séries temporais recentes dos marégrafos existentes nos dois locais considerando o registo dos últimos 118 anos e 92 anos, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2008).



**Figura VII.1-6** - Proposta de curva de variação do nível do mar no litoral alentejano desde há 8000 anos cal BP..

No estudo a mesoescala temporal efectuado na Lagoa de Melides, a sondagem “curta” permitiu a definição a definição de cinco FASES para os últimos 1700 anos cal BP.

#### **FASE 1 (1689 a 1187 cal BP)**

Maior persistência longos períodos de barra fechada conduzindo a maiores espessuras do hidrossoma, com sedimentos mais ricos em componente carbonatada e empobrecidos em matéria orgânica. Podem desenvolver-se estratificação do hidrossoma e a consequente ocorrência de anóxia junto ao fundo. A barreira arenosa terá sido menos permeável e os galgamentos oceânicos raros ou nulos.

#### **FASE 2 (1187 a 1113 cal BP)**

Período onde a ligação da laguna ao mar deve ter sido mais frequente, reduzindo-se a espessura da coluna de água que terá permitido o desenvolvimento de macrófitas e também importante contribuição alóctone de material orgânico continental. Uma maior permeabilidade da barra de maré permite sucessivas entradas de água oceânica no interior da laguna, transportando partículas de origem marinha que se depositaram nos locais de menor hidrodinamismo. Ocorrência de grande stress ambiental, com oscilações rápidas das características físico-químicas do hidrossoma.

#### **FASE 3 (1113 a 326 cal BP)**

Condições idênticas às descritas para a Fase I, de baixo hidrodinamismo, permitindo a deposição de vasas, em ambiente isolado do contacto com o oceano, com decréscimo do teor de matéria orgânica e da componente carbonatada. Evidências de galgamento oceânico, o que manteria uma espessa coluna de água que impediria o desenvolvimento de macrófitas (justificando os baixos teores de matéria orgânica). As evidências apontam para uma Fase com espessura de hidrossoma importante, que permite a ocorrência de fenómenos de anoxia junto ao fundo. Esta fase caracteriza-se por uma impermeabilidade da barreira, mais vincada no início, Para o topo, é notória uma modificação importante como consequência ou de uma maior permeabilidade da barreira ou pelo incremento dos galgamentos oceânicos, o que irá conferir um aumento de salinidade no ambiente lagunar.

#### **FASE 4 (326 a -9 cal BP)**

Já num período histórico, onde se inicia a intervenção na barreira arenosa com a abertura artificial da barra de maré, é notório um sinal de maior comunicação do sistema lagunar com o oceano mas com evidências de alguns sinais de isolamento.

#### **FASE 5 (-9 a -53 cal BP)**

Nos últimos 60 anos, assiste-se ao incremento de matéria orgânica mas na base é notório um enriquecimento em carbonato, apontando para uma maior ocorrência de períodos de barra aberta, consequência de uma crescente influência antrópica, com maior frequência no processo de abertura artificial da barra de maré.

Após as considerações da evolução a macro e mesoescala temporal destes cinco ambientes (Lagoa de Melides e Interdunares dos Poços do Barbaxoxa de Baixo, do Meio e de Cima e da Lagoa da Sancha), é importante apresentar de forma resumida as principais considerações da dinâmica actual destes sistemas. É o conhecimento do funcionamento actual, que nos permite fazer extrapolações para o passado e compreender como os sistemas terão reagido face à influência dos factores forçadores, sejam eles locais/regionais ou globais.

Iniciaremos esta exposição pelo comportamento da barra de maré, que condiciona as características físico-químicas sazonais do hidrossoma da Lagoa de Melides, bem como algumas das características dos sedimentos de fundo. De seguida fazem-se considerações sobre o hidrossoma e os sedimentos (lagunares e fluviais), integrando com a presença humana actual nestes sistemas. Posteriormente, descrevem-se as características dos hidrossomas dos interdunares e da sua sedimentação actual, comparando os quatro interdunares em estudo. Mais uma vez se relacionam as suas características com a possível influência humana nestes sistemas.

As conclusões que agora se apresentam passam a apresentar sobre a dinâmica da Lagoa de Melides reúnem todo o conhecimento até ao momento adquirido pela autora desde que no início dos anos 2000, quando começou a monitorizar este ambiente.

A laguna de Melides encontra-se isolada do oceano por uma barreira arenosa, pode romper de forma natural, durante temporais, aos quais se associe uma cota elevada do plano de água lagunar, possibilitando a renovação do prisma aquoso retido na laguna. Porém, a frequência natural deste processo, é incompatível com a necessidade de renovação da massa de água lagunar e com a manutenção de níveis que possibilitem a utilização agrícola das terras adjacentes. Por esta razão, é aberta artificialmente uma barra de maré (em regra uma vez por ano), no equinócio Primavera, quando o desnível entre a cota do plano de água no interior lagunar e a estofa de baixa-mar é máximo. No entanto, a utilização dos terrenos da vazea de Melides pela actividade agrícola, nomeadamente a orizicultura, tem implicado aberturas mais sistemáticas, sempre que os canteiros dos agricultores começam a ficar submersos. Esta dinâmica natural *versus* antrópica condiciona as características do corpo aquoso.

A barra de maré (seja natural ou antrópica), conduz a modificações drásticas no sistema litoral e no sistema lagunar. Uma vez aberta, constitui um canal que evolui sem divagação lateral, sendo através dele que se efectuam as trocas (águas/sedimentos) entre a laguna e o mar, caracterizando-se este sistema por ser dominado pela enchente. Em consequência, ocorre um transporte positivo no sentido da laguna, com consequente deposição na zona vestibular, conduzindo ao seu assoreamento. Em poucos dias o canal de maré evolui naturalmente até fechar (sob a acção das ondas e correntes) e uma vez fechado, deixa na barreira uma zona deprimida (cicatriz) que através de múltiplos episódios de galgamento vai subindo verticalmente, na tentativa de nivelar com as cotas apicais da restante barreira (cerca de 6 m NMM) mas que face à enorme pressão para uma nova abertura nunca chega a ser conseguida. Pelo que se tem acompanhado, a barreira tem capacidade de reter um volume de água até que o hidrossoma alcance cotas próximas de 5 m (NMM), valor que se excedido impele ao rompimento natural. Esta cota máxima imediatamente antes da abertura do canal é um dos principais factores que controla a maior ou menor

longevidade da barra de maré, tal como já verificado pela autora na Lagoa de Santo André, bem como a amplitude de maré, nos dias seguintes à abertura e a agitação marítima.

Os sedimentos da barreira são essencialmente arenosos, cuja fracção >63 µm tem dimensão média a grosseira, moderadamente bem calibrada a bem calibrada mas que na linha de máximo espraio do preia-mar podem ocorrer sedimentos ainda mais grosseiros e com menor calibragem (areão fino, mal calibrado). As areias dunares são formadas por sedimentos nitidamente mais finos e melhor calibrados.

Do ponto de vista hídrico, a Lagoa de Melides estabelece relações unívocas com a ribeira de Melides, da qual recebe água e sedimentos, e com as nascentes existentes nas imediações (Cabo de Água e Fonte dos Olhos) mas estabelece relações bionívocas com o sistema marinho. A estas ainda devemos acrescentar a precipitação directa e a evaporação. É, pois, o balanço destas diferentes contribuições, o responsável pelas características apresentadas pelo hidrossoma lagunar. Acresce ainda o papel desempenhado pelas actividades antrópicas, onde a orizicultura, a falta de saneamento básico e a existência de ETAR's, contribuem com fluxos adicionais (excesso de nutrientes e agro-tóxicos) para o sistema lagunar. Durante o período de barra fechada e com elevada espessura do hidrossoma (superior a 3 m), este tende a estratificar, revelando um *epilimniom* doce a oligohalino, oxigenado, com pH neutro a alcalino, com elevada turbidez. As águas de profundidade revelam-se mais salinas, anóxicas, de pH mais baixo, mais límpidas e com mais nutrientes. A abertura da barra de maré vem promover, nas primeiras 24h, a saída da parte superficial do hidrossoma e nos dias seguintes a renovação total da massa de água, que adquire características idênticas às das águas oceânicas, ficando mais salgadas, com teores de oxigénio próximos de 100 % e límpidas.

Os sedimentos lagunares distribuem-se em função da influência das principais fontes sedimentares (continental/marinha), bem como do hidrodinamismo lagunar, revelando grande heterogeneidade textural e composicional. Na zona de influência da barra de maré, estão presentes sedimentos arenosos (areias muito grosseiras a grosseiras, quártzicas, roladas e brilhantes), limpos de fracção fina, desprovidos de matéria orgânica, subalcalinos, com reduzida componente carbonatada (origem nas areias do sistema litoral praia/duna e fundos submarinos próximos da praia de Melides). Na zona mais a montante, sob a influência das descargas fluviais, dominam areias vasosas a pouco vasosas, neutras e com baixos teores de MO (< 4 %) e de CaCO<sub>3</sub> (< 1 %), apresentando abundantes litoclastos de litologias presentes na bacia de drenagem. No depocentro lagunar, os sedimentos são mais finos (vasas pouco arenosas a vasas), enriquecidos em matéria orgânica com alguma componente bioclástica. A caracterização geoquímica dos sedimentos revela teores de metais pesados de uma forma geral baixos, excepto para o caso do Zn e do Pb que revelam concentrações mais elevadas quando comparadas com materiais de referência internacionais, tidos como não contaminados. No entanto, os sedimentos fluviais já revelam teores elevados de chumbo, sugerindo para este metal uma origem natural no sistema. Efectivamente, estes teores, quando comparados com os dos depósitos “fósseis lagunares/estuarinos” das sondagens MB e MIGM, mostram valores da mesma ordem de grandeza, pelo que a rocha mãe do substrato regional deve ser naturalmente enriquecida nestes elementos. A comparação com os teores existentes na legislação portuguesa (Portaria 1450/2007, 12 de Novembro) para a classificação dos materiais dragados de acordo com o grau de

contaminação, classificam-se como “material dragado limpo” (Classe 1) para o Cu e “material dragado com contaminação vestigial”, para os restantes elementos.

Dos quatro interdunares estudados, todos excepto o Barbaroxa de Cima apresentam, na maior parte do ano, afloramento de aquífero superficial livre. Esta maior permanência temporal de um corpo hídrico no interior do interdunar conduz ao aparecimento de clareiras na vegetação, como consequência do retrocesso desta para posições mais marginais. Efectivamente, o BB é o único onde a vegetação cobre todo o fundo da depressão sem clareiras visíveis. Dos quatro, é no Barbaroxa de Baixo e na Lagoa da Sancha que a espessura do hidrossoma regista valores máximos, próximos de 1 m, principalmente após a época de Inverno. No Verão pode assistir-se, esporadicamente, ao desaparecimento completo dos hidrossomas, ficando expostos os lodos do fundo. Surpreendentemente, na Lagoa da Sancha é onde sistematicamente o hidrossoma se apresenta mais espesso, sendo que é o interdunar que apresenta a cota do fundo da depressão mais elevada, facto que à data ainda não se consegue justificar.

No BB é notória uma coloração fortemente acastanhada do hidrossoma, que tende a intensificar-se quando a sua espessura é menor, chegando a reduzir-se a penetração da luz a escassos 2,5 cm. Pelo contrário, na Lagoa da Sancha as águas são mais límpidas. Nos Poços dos Barbaroxa, os hidrossomas revelam-se doces a oligohalinos, mas na Sancha podem atingir valores mesohalinos, confirmando a maior influência do sistema marinho neste interdunar, por galgamento oceânico da barreira arenosa após eventos de temporal. Na maior parte do ano as águas dos Barbaroxas apresentam-se subsaturadas, enquanto na Sancha os valores de oxigénio dissolvido são mais elevados. Outras diferenças notáveis são os valores de pH e de Eh das águas. Na Lagoa da Sancha estas revelam-se fortemente ácidas, com pH próximo de 3, enquanto nos restantes interdunares os valores são sempre superiores a 5 e maioritariamente entre 6 e 7,5. A análise química das águas dos interdunares revela que estas têm concentrações baixas das principais espécies catiónicas e aniónicas, com valores próximos dos típicos de águas fluviais mas com proporções idênticas às registadas nas águas oceânicas, que atesta mais uma vez a proximidade destes sistemas ao ambiente marinho e à sua influência, embora que muito incipiente. A avaliação da concentração de Elementos das Terras Raras nas águas revela uma maior influência do sistema continental na Sancha (substrato vasoso) e menor nos Barbaroxas (sedimento turfoso). As concentrações dos principais metais pesados destaca a Lagoa da Sancha mais uma vez, revelando-se estas águas ricas em metais pesados e de pH muito ácido.

Quanto aos sedimentos actuais que revestem a superfície dos interdunares, nos Barbaroxa são de características mais vasosas nos locais onde ocorre o afloramento do nível freático e mais turfosos no restante espaço. Na Lagoa da Sancha, os sedimentos superficiais correspondem à sedimentação típica da unidade II definida no estudo a macro-escala temporal e são essencialmente vasas ( $>63\mu\text{m}$   $<2,4\%$ ), excepto na região vestibular (estação 8 -  $<63\mu\text{m}$  = 29,5 %), onde passam a vasas arenosas, onde os siltes constituem a fracção mais importante, sem carbonato de Ca, ricos em matéria orgânica e ácidos. A difractometria de RX realizada nos sedimentos superficiais, em momentos de secagem da Lagoa da Sancha, identifica como abundantes os óxidos de Fe (goethites), vários sulfatos (gesso, anidrite, jarosite, alunite, fougérite, melanterite, schwertmanite, szmolnoquite), halite, argilas (caulinite, ilite,

montemorilonite, vermiculite), quartzo, feldspatos e moscovites. Estas associações revelam fenómenos importantes associados a exposição de solos ácidos sulfatados (acid sulfate soils). No entanto, a descoberta, dentro do perímetro da bacia hidrográfica de uma antiga saibreira com resíduos de natureza variada (resíduos de demolições e de lamas oleosas), vem colocar uma nova hipótese que precisa de ser confirmada e que pode indicar que as alterações registadas na Lagoa da Sancha após a última década do século XX, pode ser responsabilidade antrópica. A análise geoquímica indica sedimentos principalmente ricos em Al, K, Rb e empobrecidos em Si, Ca, Sr, com teores elevados de metais pesados que colocam estes sedimentos na classe 3 (moderadamente contaminados) do grau de contaminação definido para dos materiais dragados (Portaria nº 1450/2007), fazendo aumentar as suspeitas que uma possível fonte de contaminação será responsável por estas características tão peculiares deste interdunar.

Após estas considerações finais, ainda persistem certezas da necessidade de acompanhamento sistemático destes ambientes. Salienta-se que o grupo onde a autora se insere tem monitorizado vários ambientes lagunares nos últimos 20 anos, contendo uma base de dados das mais completas até agora conhecidas no território português e que será de toda a pertinência continuar a manter.





## CAPÍTULO VIII

---

PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



Vista para norte da zona do cordão dunar e do Poço do Barbaroxa de Baixo.  
© A.Cruces - 4/9/2004



Os estudos desenvolvidos nas zonas de transição, nomeadamente em litorais de acumulação como os estuários, as lagunas, os sistemas dunares litorais, constituem janelas de oportunidade para compreender a evolução do litoral a 4 Dimensões (4D), onde as 3 dimensões são três direcções do espaço (x, y, z) e a 4ª dimensão é o tempo geológico. Isto significa que teremos a oportunidade de “ler” o registo geológico para entender como o sistema evoluiu ao longo do tempo geológico. Podemos fazer esta abordagem utilizando métodos directos ou indirectos; no caso destes últimos, os métodos geofísicos têm-se revelado essenciais para o estabelecimento das estruturas em 3D. Por outro lado têm uma série de restrições/limitações que os impedem de só por si serem considerados para o estudo destes ambientes, sendo muitas vezes completados com a utilização de métodos directos, como por exemplo as sondagens.

O recurso ao estudo de sondagens constitui uma abordagem em que o investigador consegue ver, descrever, analisar os materiais geológicos depositados sob a influência de determinadas condições ambientais. A utilização desta metodologia directa é uma abordagem de enorme sucesso, tanto mais quanto maior for o número de indicadores que se utilizem. Nesta dissertação, embora a autora tenha no seu domínio de especialidade a sedimentologia e a geoquímica, integrou sempre que disponível dados de paleoecologia (foraminíferos, ostracodos, pólenes, diatomáceas, nanoplâncton calcário), de forma a melhorar as propostas de evolução paleoambiental para os locais em estudo.

No entanto, não se julgue que a utilização deste tipo de método directo (estudo de sondagens) não trás algumas dificuldades. Efectivamente, por mais multidisciplinares que sejam não devemos esquecer que muitas vezes se dispõe de um número limitado de sondagens e nestas dificilmente as estruturas sedimentares ficam preservadas. Uma sondagem permite-nos apenas uma visão espacial unidimensional, que eventualmente poderá ser bidimensional se forem feitas extrapolações com outras sondagens ao longo de um perfil. Na região estudada (metade inferior do arco litoral Tróia-Sines onde se localizam a Lagoa de Melides e os interdunares húmidos dos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha), a autora da presente dissertação, estudou do ponto de vista sedimentológico (e em alguns casos geoquímico), 81 sondagens. A estas, depois de consultadas mais de 300 sondagens (relatórios técnicos ou de estudos científicos), adicionou descrições e resultados de outras 81 sondagens, perfazendo um total de 162 sondagens contabilizadas para contribuir para o Modelo de Evolução Paleoambiental proposto para a região em análise.

Mesmo com este número de sondagens, persistem dúvidas relativamente à evolução dos espaços estudados, pelo que no futuro gostaríamos de completar com mais sondagens, especialmente, no caso das lagunas, realizadas em pleno domínio lagunar, que possibilitem estudar o enchimento holocénico desde o talvegue do antigo domínio fluvial até ao actual domínio lagunar. As dificuldades são enormes, pois as técnicas de que dispomos permitem recuperar cerca de 5 m de sedimentação, que atendendo às taxas de sedimentação existentes nos dará a possibilidade de estudar a metade mais recente do Holocénico. Por outro lado, seria importante que nas sondagens

existentes se pudessem adicionar resultados de outros indicadores paleoecológicos, em especial palinológicos, fundamentais para a caracterização da evolução climática da região.

A adição de novos resultados (com utilização de múltiplos indicadores paleoambientais), seja em sondagens pré-existentes, seja em novas sondagens, irá contribuir para afinar os modelos já propostos.

Neste segmento litoral entre Tróia e Sines, existem outros ambientes anamórficos costeiros, onde a permanência de condições de paludificação devem ter contribuído para a preservação do registo geológico durante o holocénico e cuja evolução é pouco ou nada conhecida. Estamos a falar nomeadamente do vale da Ribeira de Moinhos, junto a Sines e de outros interdunares na região, tais como os existentes próximo dos Poços dos Barbaroxa - o Poço da Garça, o Poço Malha Cús - e os existentes próximo do enraizamento da restinga de Tróia junto à ribeira do Carvalhal - Lagoa Formosa, Lagoa Travessa e Lagoa dos Fuzis. Estes cinco locais devem conter um registo essencialmente orgânico mais ou menos longo, que nos permitiria relacionar com os resultados agora apresentados.

Um outro aspecto que a autora considera essencial, e já foi iniciado mas carece cada vez mais de maior aproximação, é a ligação à arqueologia e à história da região. Efectivamente, em escavações arqueológicas da urbe romana de Mirobriga (Chãos Salgados, Santiago do Cacém), a c.15 km da costa atlântica e das Lagoas de Melides e de Santo André, as transformações arquitectónicas ocorridas em duas construções da área habitacional romana são interpretadas como sinal de uma deterioração climática em 280 d.C. (= 1670 cal BP) que corresponde ao 3º evento de terrestrialização definido no enchimento dos interdunares, pelo que estes resultados evidenciam as vantagens da combinação de informação geológica e arqueológica, complementares em reconstruções paleoambientais.

No que diz respeito aos trabalhos à microescala temporal, que possibilitam o conhecimento da dinâmica actual dos sistemas estudados, são por demais importantes, não só para apoiar toda a interpretação da evolução destes sistemas após o último máximo glaciário, mas fundamentais, no que concerne a apoiar as entidades locais na gestão do território. Esta parceria está activa e a equipa, onde a autora do presente estudo se insere, tem já historial de prestação de serviços às entidades públicas e privadas que gerem aquele território. Contam-se parcerias com a Agência Portuguesa do Ambiente, a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, o Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, a Reserva Natural das Lagoas de Santo André e da Sancha, a Câmara Municipal de Grândola e de Sines, as Águas de Santo André e colaborações pontuais com algumas escolas da região. A monitorização deve pois continuar a realizar-se (corpo aquoso, barra de maré).

Acresce ainda o facto de que todo o conhecimento que tem vindo a ser adquirido ao longo do tempo, ser utilizado em numerosas acções de divulgação junto da comunidade estudantil e do público em geral, quer em acções dentro de espaços-escola, quer em acções do Programa Ciência Viva, onde a autora colabora ininterruptamente desde 1999. Nestas acções para o público em geral, os resultados destas equipas multidisciplinares são traduzidos numa linguagem educacional, para

dar a conhecer melhor estes sistemas face aos factores forçadores e à interacção do Homem, afim de a população ficar a conhecer melhor estes espaços e assim também contribuírem para a sua preservação.

Pelo exposto, considera-se importante que os trabalhos de monitorização destes sistemas deva ser um esforço continuado para uma cada vez melhor gestão do território.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---





Vista para norte da zona vestibular da laguna de Melides, onde aparecem as típicas redes de pesca utilizadas pelos pescadores da região.

- ABECASSIS, F. (1987) - O regime aluvionar da costa portuguesa entre Peniche e a foz do Mira. *Ingenium*, revista da ordem dos engenheiros, Março de 1987. Lisboa, pp. 4 -18.
- ABREU, A.I. (2001) - Caracterização ecológica da laguna da Ribeira de Moinhos (Sines, Portugal). Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Aveiro, para obtenção do grau de mestre em Ciências das Zonas Costeiras.
- ABREU, A. & MACHADO, M. (2000) - Sedimentos e comunidades da Ria Formosa - Estado actual os conhecimentos. Relatório Final IMAR/Universidade do Algarve - ICN, 75 p.
- ABREU, A.; COSTA, A.M.; COSTA, P.F.; CANCELA DA FONSECA, L. (2009) - Caracterização ecológica do sistema lagunar costeiro da Ribeira de Moinhos. Actas do 2º Seminário de Sistemas Lagunares Costeiros, Vila Nova de Santo André em 2006, pp. 61 - 77.
- ADRIANO, D.C. (1986) - Trace elements in the terrestrial environment. Springer - Verlag New York Inc., 533 p.
- AGRIPOL (serviços agrícola polivalente, lda), H. Onderwater (1996) - Projecto (empreitada) geotecnica em melides (oleoducto).
- AGROPOMOTORA (1984) - Estudo prévio do fomento da actividade de aquacultura na Lagoa de Santo André. Agropomotora, cooperativa produtora de projectos agrícolas, S.C.R.L. 109 p.
- AIKAWA, J.K. (1991) - Magnesium *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weiheim. 1438 p.
- ALDAY, M.B. (2004) - Registro micropaleontológico holoceno de la transformación ambiental de origen natural y antrópico en el litoral atlántico Ibérico. . Dissertação apresentada à Universidade do País Basco para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Geológicas. Leioa. 307 p.
- ALEGRE, L.M.B. (2006) - Identificação das fontes poluidoras da Lagoa de Melides e das afluentes. CCDD-Alentejo, relatório interno não publicado, 12 p.
- ALLEN, D.; DARLING, W.G.; WILLIAMS, P.J.; STRATFORD, C.J.; ROBINS, N.S. (2014) - Understanding the hydrochemical evolution of a coastal dune system in SW England using a multiple tracer technique. *Applied Geochemistry*, 45. pp. 94-104.
- ALLOWAY, B.J. (1995) - Heavy metals in soils. 2nd ed., Blackie Academic & Professional, London, 368 p.
- ALMEIDA, A.C. (1997) - As dunas de Quiaios: estado e perspectivas. EUROCOAST - Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal. pp. 469-472.
- ALMEIDA, A.C. (1998) - Dunas costeiras em Portugal: da indiferença ao protagonismo. EUROCOAST - Dunas da zona costeira de Portugal. pp. 43-48.
- ALMEIDA, S.M.; REIS, M.A.; FREITAS, M.C.; PIO, C.A. (2003) - Quality assurance in elemental analysis of airborne particles. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B: Beam Interactions with Materials & Atoms*, 207, pp. 434-446.
- ALMEIDA, S.M.; PIO, C.A.; FREITAS, M.C.; REIS, M.A.; TRANCOSO, M.A. (2005) - Source apportionment of fine and coarse particulate matter in a sub-urban area at the Western European Coast. *Atmospheric Environment*, 39, pp. 3127-3138.
- ALMEIDA, S.M.; FREITAS, M.C.; REIS, M.A.; PIO, C.A.; TRANCOSO, M.A. (2006a) - Combined application of multielement analysis—k0-INAA and PIXE—and classical techniques for source apportionment in aerosol studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 564, pp. 752-760.
- ALMEIDA, S.M.; PIO, C.A.; FREITAS, M.C.; REIS, M.A.; TRANCOSO, M.A. (2006b) - Approaching PM2.5 and PM2.5 – 10 source apportionment by mass balance analysis, principal component analysis and particle size distribution. *Science of the Total Environment*, 368, pp. 663-674

- 
- ALMEIDA, S.M.; PIO, C.A.; FREITAS, M.C.; REIS, M.A.; TRANCOSO, M.A. (2006c) - Source apportionment of atmospheric urban aerosol based on weekdays/weekend variability: evaluation of road re-suspended dust contribution. *Atmospheric Environment*, 40, pp. 2058-2067.
- ALMEIDA, S.M.; FREITAS, M.C.; PIO, C.A. (2008) - Neutron activation analysis for identification of African mineral dust transport. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 276, No.1, pp. 161-165.
- ALZIEU, C.; MICHEL, P.; CHIFFOLEAU, J.F.; BOUTIER, B.; ABARNOU, A. (1999) - Contamination chimique des sédiments - Chapitre V in *Dragages et environnement marin, États des connaissances. Comportements des polluants*. IFREMER, 223 p.
- AMORIM, A.; PINTO, M.J.; SANTOS, N.; MADUREIRA, P. (1998) - Litoestratigrafia do enchimento sedimentar da lagoa de Sto. André. Relatório da disciplina de projecto, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciência da Universidade de Lisboa. 34 p.
- ANDRADE, C.F. (1990) - O ambiente de barreira da Ria Formosa, Algarve-Portugal. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente. Lisboa. 645 p.
- ANDRADE, M.A.T. (1991) - A pardelha, um interessante endemismo. Santo André, Grupo Lontra. 13 p.
- ANDRADE, C. & FREITAS, M.C. (1993) - Middle and Late Holocenic Evolution of the Melides Barrier (SW Portugal). First Results. *Terra*, (Abst.) Supl. 1, Vol. V, pp. 613-614.
- ANDRADE, C.; FREITAS, M.C.; CACHADO, C.; CARDOSO, A.C.; MONTEIRO, J.H.; BRITO, P.; REBELO, L. (2002) - Capítulo 6: Coastal Zones. In *Climate change in Portugal scenarios, impacts and adaptation measures SIAM Project*. Editors Santos, F.D., Forbes, K., Moita, R.. Gradiva, Lisboa., pp. 173-219.
- ANDRADE, C.; FREITAS, M.C.; MORENO, J.; CRAVEIRO, S.C. (2004) - Stratigraphical evidence of Late Holocene barrier breaching and extreme storms in lagoonal sediments of Ria Formosa, Algarve, Portugal. *Marine Geology*, 210, pp. 339-362.
- ANDRÉ, J.N. & CORDEIRO, M.F.N. (1998) - Importância do “Pinhal do Rei” na fixação das areias eólicas. *EUROCOAST - Dunas da zona costeira de Portugal*, pp. 3-27.
- ANDRÉ, J.N.; REBÊLO, F.; PROENÇA CUNHA, P. (1997) - Evolução da morfologia dunar entre o Rio Mondego e S. Pedro de Moel. *EUROCOAST - Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal*. pp. 503-523.
- ANDREWS, W.A.; MOORE, D.K.; LeROY, A.C. (1972) - *Environmental pollution*. Prentice-Hall of Canadá, Ontario, 260 p.
- ANTUNES, C. & TABORDA, R. (2009) - Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results. *J. Coastal Research SI 56 (1)*, ICS conference proceedings, pp. 218-222.
- APLIN, A.C. (2000) - Mineralogy of modern marine sediments: a geochemical framework. *European Mineralogical Union Notes in Mineralogy*, vol. 2, chapter 4, ed. Vaughan, D.J. & Wogelius R.A., Eötvös University Press, Budapest, pp. 125-172.
- APPLEBY, P.G. (2001) - Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W. M. & Smol, J. P., (Eds). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 171-203.
- ARAÚJO, M.A. (2002) - Relative sea level, diastrophism and coastal erosion: the case of Espinho (Portuguese NW coast)”, *Actas do Congresso Internacional “Littoral 2002”, Eurocoast-Portugal*, Vol.2, pp. 125-132.
- ARAÚJO, M.F.; LOBATO, A.; CRUCES, A.; DRAGO, T. (2005) - Paleoenvironmental geochemical patterns in the Holocenic evolution of Minho estuary. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 8-10.
- ARNAUD-FASSETTA, G.; BERTRAND, F.; COSTA, S.; DAVIDSON, R. (2006) - The western lagoon marshes of the Ria Formosa (Southern Portugal): Sediment-vegetation dynamics, long-term to short-term changes and perspective. *Continental Shelf Research*, 26, pp. 363-384.

- ARNÓRSSON, S. (1991) - Geochemistry and Geothermal Resources in Iceland. Science Inst. University of Iceland, Reykjavik, 68 p.
- ARZOLA, R.G.; WYNN, R.B.; LASTRAS, G.; MASSON, D.G.; WEAVER, P.P.E. (2008) - Sedimentary features and processes in the Nazaré and Setúbal submarine canyons, west Iberian margin. *Marine Geology*, 250, pp. 64-88.
- AUSTONI, M.; VIAROLI, P.; GIORDANI, G.; ZALDIVAR, J.M. (2004) - Intercomparison among the test sites of the DITTY PROJECT using the IFREMER classification scheme for coastal lagoons. Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Parma, Itália. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. EUR 21286 EN. 52 p.
- BAKER, D.E. & SENFT, J.P. (1997) - Copper in Heavy metals in soils. Ed. Alloway, B.J., Blackie academic & professional, Chapman & Hall, London, 368 p.
- BAO, R.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. (1999) - Separating eustatic from local effects: a late-Holocene record of coastal change in Albufeira Lagoon, Portugal. *The Holocene*, 9, pp. 341-352.
- BARBOSA, F. & BERNARDO, J.M. (1989) - Estudo das Bacias Hidrográficas das lagoas do destrito de Setúbal: Santo André, Melides e Sancha. Relatório final do projecto "Estudos-base de caracterização Física, Química e Biológica dos biotopos lagunares costeiros das Lagoas de Santo André, Melides e Sancha". S.N.P.R.C.N. Lisboa (mimeo), 52 p.
- BARNES, R.S.K. (1980) - Coastal lagoons. Cambridge University Press, 106 p.
- BATISTA, M.J.; BRITO, M.G.; ABREU, M.M.; SOUSA, A.J.; QUENTAL, L.; VAIRINHO, M. (2003) - Avaliação por modelação em SIG da contaminação mineira por drenagem ácida em S. Domingos (Faixa Piritosa, Alentejo). Congresso de Geologia, Ciências da Terra (UNL), Lisboa. Nº. especial V, CD-ROM, pp. M6-M10.
- BELL, M. & WALKER, M.J.C. (1992) - Late quaternary environmental change. Physical & Human perspectives. Longman Scientific & Technical, Singapore. 273 p.
- BELL, Z.G.; DUNMOM, D.D.; LOTT, H. (1978) - Basis for exposure standards for amorphous silica. *American Industrial Hygiene Association Journal*, Volume 39, Issue 5, pp. 418-421.
- BERNARDO, J.M. (1989) - Ictiofauna da Lagoa de Santo André. Relatório final do projecto "Estudos-base de caracterização Física, Química e Biológica dos biotopos lagunares costeiros das Lagoas de Santo André, Melides e Sancha". S.N.P.R.C.N. Lisboa (mimeo), 57 p.
- BERNARDO, J.M.A.O. (1990) - Dinâmica de uma Lagoa Costeira Eutrófica (Lagoa de Santo André). Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor. Lisboa, 322 p.
- BERNARDO, J.M.; CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M. (1985) - Lagoa de Santo André: Ciclos de maré durante a abertura ao mar (Março de 1985). *Actas sobre o 1º Congresso do Alentejo*, vol. III. pp. 1422-1428.
- BERNARDO, J.M.; COSTA, A.M.; CANCELA DA FONSECA, L. (1988) - Nutrient dynamics and dystrophy in a brackish coastal lagoon (St. André, SW Portugal). *Rapp. Comm. Int Mer Médit.*, 31(2), p. 61.
- BERNARDO, J.M., CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M. (2006) - Lagoa de Santo André: ocorrência de uma crise distrófica (Verão de 1984). *Actas do 1.º Seminário sobre Sistemas lagunares Costeiros*: 52-58. Instituto da Conservação da Natureza/Cezh, Lisboa.
- BETTENCOURT, P. (1994) - Les environnements sédimentaires de la côte sotavento (Algarve, sud Portugal) et leur evolution holocène et actuelle. Vol. 1. Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade de Bordeaux, não publicado.
- BIRD, E.C.F. (1994) - Physical setting and geomorphology of coastal lagoons, Capítulo 2 in *Coastal Lagoon Processes*. Björn Kjerfve Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam. 577 p.
- BISUTTI, I.; HILKE, I.; RAESSLER, M. (2004) - Determination of total organic carbon - an overview of currents methods. *Trens in Analytical Chemistry*, vol. 23, nº 10-11, pp. 716-726.

- BLAAUW, M. (2010) - Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5, pp. 512-518.
- BLOT, M.L.P. (2003) - Trabalhos de Arqueologia 28 - Os portos na origem dos centros urbanos. Contributo para a arqueologia das cidades marítimas e flúvio-marítimas em Portugal. 2003, 338 p (disponível em: [http://www.ipa.min-cultura.pt/pubs/pubs\\_edited](http://www.ipa.min-cultura.pt/pubs/pubs_edited)).
- BLOWES, D.W.; PTACEK, C.J.; JAMBOR, J.L.; WEISNER, C.G. (2004) - The geochemistry of acid mine drainage, pp.149-204 in *Environmental Geochemistry* (ed. B.S.Lollar) Vol. 9 *reavise on Geochemistry* (eds. H.D. Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon, Oxford.
- BOAVENTURA, D.; CANCELA DA FONSECA, L.; TELES-FERREIRA, C. (1999) - Trophic structure of macrobenthic communities on the portuguese coast. A review of lagoonal, estuarine and rocky littoral habitats. *Acta Oecologica*, 20(4), pp. 407-415.
- BOLÉU-TOMÉ, A.M.C.F. (1994) - Evolução das arribas do arco Tróia-Sines. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 135 p.
- BOND, G.; BROECKER, W.; JOHNSEN, S.; McMANUS, J.; LABEYRIE, L.; JOUZEL, J.; BONANI, G (1993) - Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature*, vol. 365, pp.143-147.
- BOND, G.; SHOWERS, W.; CHESEBY, M.; LOTTI, R.; ALMASI, P.; DEMCNOCAL, P.; PRIORE, P.; CULLEN, H.; HAJDAS, I.; BONANI, G. (1997) - A pervasive millennial-scale cycle in north atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, vol. 278, pp. 1257-1266.
- BOND, G.C.; SHOWERS, W.; ELLIOT, M.; EVANS, M.; LOTTI, R.; HAJDAS, I.; BONANI, G.; JOHNSON, S. (1999) - The North Atlantic's 1-2 kyr climate rhythm: relation to Heinrich events, Dansgaard/Oeschger cycles and the Little Ice Age. *Mechanisms og Global Climate Change at Millennial Time Scales*, *Geophysical Monograph*, 112. American Geophysical Union. pp. 35 - 58.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; CAMACHO, S.; DUARTE, R.D.N; SCOTT, D.B.; VEIGA-PIRES, C.; PEDRO, P; SANTANA, P. (1999) - Postglacial sea-level rise in South of Portugal as revord in Guadiana Estuary. Coastal change on the time scale of decades to millennia. *Proc. of UNESCO-IUGS IGCP - 367, An. Conf., Hawaii, USA*, pp. 59-61.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; VEIGA-PIRES, C.; CAMACHO, S.; DUARTE, D.; SCOTT, D.B.; FERNANDES, S.G. (2002) - Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, 150, pp. 103-122.
- BOSKI, T.; VEIGA-PIRES, C.; MOURA, D.; CAMACHO, S. (2005) - Patterns of sedimentary infilling of estuaries during the Holocene sea-level rise in S. Portugal. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 13-14.
- BOSKI, T.; CAMACHO, S.; MOURA, D.; FLETCHER, W.; WILAMOWSKI, A.; VEIGA-PIRES, C.; CORREIA, V.; LOUREIRO, C.; SANTANA, P. (2008) - Chronology of the sedimentary processes during the postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science Volume 77, Issue 2*, pp. 230-244.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; ENCARNÇÃO, S.D.; FLETCHER, W.; PERREIRA, L.; CONNOR, S.; DUARTE, D.; DELGADO, J.; NIETO, J.M.; SOUSA, C.; LOUREIRO, C.; SYMPATH, R.; VEIGA-PIRES, C. (2010) - Regional record of sea level and climate change inferred from sedimentar archives along the Algarve coastal fringe. *Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS*, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 8-13.
- BOYD, R.; DALRYMPLE, R.; ZAITLIN, B.A. (1992) - Classification of clastic coastal depositional environments. *Sedimentary Geology*, 80, pp. 139-150.
- BRINDLEY, G.W & G.BROWN (1980) - Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification. Mineral Society, Monograph, nº 5, 495 p.

- BRITO, P.; TERRINHA, P.; REBÊLO, L.; MONTEIRO H. (2005) - Deltaic sedimentary structure interpreted from highresolution seismic data: Sado estuary, Portugal. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 15-16.
- BROECKER, W.S. (2000) - Abrupt climate change: causal constraints provided by the paleoclimate record. *Earth-Science Reviews*, 51, pp.137-154.
- BROECKER, W.S. & DENTON, G.H. (1989) - The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 53, pp. 2465-2501.
- BROECKER, W.S. & DENTON, G.H. (1990) - What drives glacial cycles? *Scientific American*, pp. 43-50.
- BROECKER, W.S.; PETEET, D.M.; RIND, D. (1985) - Does the ocean-atmosphere system have more than one stable mode of operation? *Nature*, vol. 315 (2), pp. 21-26.
- BYERS, S.C.; MILLS, E.L.; STEWART, P.L. (1978) - A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiology*, vol. 58, 1, pp. 43-47.
- CABRAL, J. (1995) - Neotectónica em Portugal Continental. *Memórias do I.G.M., Memória nº 31*. Lisboa, 265 p.
- CABRAL, M.C.; MARQUES, F.M.S.F.; AZEREDO, A.C.; ROMARIZ, C. (1989) - Caracterização morfo-sedimentológica da baía-barreira de Alvor. *Geolis*, vol. III, Fasc. 1 e 2, Lisboa, pp. 196-206.
- CABRAL, M.C.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2005) - The chronological record of Holocene ostracods in Melides coastal lagoon (SW Portugal). In: Kohring, R & Sames, B (Eds), *Program and Abstracts, 15th International Symposium on Ostracoda ISO 15*, Berlim, pp. 20-21.
- CABRAL, M.C.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2006) - Coastal Evolution and Holocene ostracods in Melides lagoon (SW Portugal ). *Marine Micropaleontology*, 60, pp. 181-204.
- CABRAL, M.C.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2010) - Modificações ambientais da laguna de Melides (SW Portugal) com base nos ostracodos. *Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS*, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 14-15.
- CABRAL, M.C.; FATELA, F.; LOPES, V.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. (submetido) - *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) in mainland Portugal: what do we know? *Journal of Micropalaeontology*, London, The Micropalaeontological Society.
- CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; RIBEIRO, M. J.; GUERREIRO, C.; DRAGO, T. (2005) - Pleisto-Holocene calcareous nannoplankton abundance variation pattern inside paralic environments of western Iberia. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 17-18.
- CAILLEUX, A., (1947) - L'indice d'éroussé: définition et première application. *Compte-rendus Sommaires de la Société Géologique de France*, 10, pp. 250-252.
- CALEJO MONTEIRO, J. D. (1973a) - Estudos de base efectuados na zona costeira de Sines e da Lagoa de Santo André. Gabinete da Área de Sines, Lab. Química e Biologia. Relatório (Março-Setembro 1974). 19 p.
- CALEJO MONTEIRO, J. D. (1973b) - Estudo de "monitoring" das águas de Sines e da Lagoa de Santo André. Gabinete da Área de Sines, Lab. Oceanografia. Relatório (5 de Junho a 7 de Agosto 1973). 16 p.
- CALVÃO, J. M. R. (1972) - Estudo fisiográfico da região confinando com a Lagoa de Santo André. *Estágio Eng. Silv., I.S.A.* Lisboa. 71 p. + fotos e cartografia.
- CANCELA DA FONSECA, L. M. Q. (1989) - Estudo da influência da "abertura ao mar" sobre um sistema lagunar costeiro: a Lagoa de Santo André. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Biologia. Lisboa, 355 p.

- CANCELA DA FONSECA, L. (1992) - Considerações sobre a população do caracuejo-verde (*Carcinus maenas*) na Lagoa de Santo André. Colóquio "Conservação dos recursos vivos marinhos" INIP, Lisboa, pp. 329-347.
- CANCELA DA FONSECA, L. (1995) - Caracterização das comunidades bentónicas da Lagoa de Santo André. IV Congresso sobre o Alentejo, pp. 36-51.
- CANCELA DA FONSECA, L. & MAGALHÃES, F. (1987) - Povoamentos bentónicos do sistema lagunar da Carrapateira. I - Primeiros resultados. 1º Congresso de áreas protegidas, Lisboa, pp. 539-547.
- CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.; COSTA, A.M.; FONSECA, R. (1985) - Lagoa de Santo André. Projecto "Estrutura, Dinâmica e Produção de Ecossistemas Estuarinos e Lagunares Costeiros", INIC. 2º Relatório Progresso. 121 p.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M. (1987a) - Breve caracterização ecológica da Lagoa de Santo André (1984-1986). 2º Congresso sobre o Alentejo, vol. II. pp. 623-627.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M. & FONSECA, R. (1987b) - Lagoa de Santo André (SW Portugal): phytopygments as sedimentary tracers. *Limnetica*, 3(2), pp. 299-306.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M. (1989a) - Seasonal variation of benthic and fish communities in a shallow land-locked coastal lagoon (St. André, SW Portugal). in ROS; J.D. (ed.) *Topics in Marine Biology*, Scientia Marina 53. pp. 663-669.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; CRISTO, M. (1989b) - Caracterização do macrobentos das Lagoas de Melides, Santo André e Sancha. Relatório final do projecto "Estudos-base de caracterização Física, Química e Biológica dos biotopos lagunares costeiros das Lagoas de Santo André, Melides e Sancha". S.N.P.R.C.N. Lisboa (mimeo), 179 p.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M. (1990) - Changes on benthic community promoted by an artificial sea-connection in a brackish coastal lagoon (St. André, SW Portugal). *Rapp. Comm. Int Mer Médit.*, 32(1), p.78.
- CANCELA DA FONSECA, L. & LUÍS, O. J. (1992) - Considerações finais sobre a população do caracuejo-verde (*Carcinus maenas*) na Lagoa de Santo André. Colóquio, nº. 17, Conservação dos recursos vivos marinhos. Lisboa. pp. 329-347.
- CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.; COSTA, A.M.; CRUZ, T. (1993) - Lagoa de Santo André, sistema litoral produtivo mas frágil. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 29-42.
- CANCELA DA FONSECA, L.; COSTA, A.M.; MAGALHÃES, F.; CRISTO, M. (1999) - The benthic macroinvertebrate community of Lagoa da Sancha: a coastal lagoon in SW Portugal. *Limnetica*, 16, pp. 39-48.
- CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.; COSTA, A.M.; FALCÃO, M.; VALE, C. (2001a) - Seasonal chemical changes and eutrophication of a land-locked coastal lagoon (St. André, SW Portugal). *Bol. Mus. Mun. Funchal*, Sup. Nº. 6, pp. 167-183.
- CANCELA DA FONSECA, L.; DUARTE, P.; POMBO GASPAR, F. (2001b) - Trophic group patterns of macrobenthos in brackish coastal systems. *Bol. Mus. Mun. Funchal*, Sup. Nº.6, pp. 139-165.
- CARLSON, K., CARLSON, C. (1988) - Relatório sobre avifauna nas Lagoas de Melides, Santo André e Sancha. ERENA. Lisboa. 2 p.
- CARRASCO, A.R.; FERREIRA, Ó; FREIRE, P.; DIAS, J.A. (2009) - Morphological changes in a low-energy backbarrier. *Journal Coastal Research*, ICS Proceedings, SI 56, pp. 173-177.
- CARRIÓN, J.S. (2002) - Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews* 21, pp. 2047-66.
- CARTER, R. W.G. (1995) - Coastal environments, an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastline. Academic Press, 617 p.
- CARVALHO, C. (1998) - GranGraf V 2.0 B, Programa de Tratamento de Dados Granulométricos, F.C.U.L., Lisboa.



- CARVALHO, S. (2004) - Principais estuários, sistemas lagunares e cursos de água da costa sudoeste. ICN, Centro de Zonas Húmidas, 103 p.
- CARVALHO, S., MOURA, A.; GASPAR, M. B.; PEREIRA, P.; FALCÃO, M.; CANCELA DA FONSECA, L.; DRAGO, T.; LEITÃO, F.; REGALA, J. (2005) - Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. *Acta Oecologica*, 27, pp. 143-159.
- CATRY, P. & ARAÚJO, A. (1996) - O impacto da caça nas aves aquáticas da Lagoa de Santo André. *Revista AIRO*, Vol. 7, Nº. 2. pp. 49-57
- CATRY, P.X. (1993) - A avifauna da Lagoa de Santo André, caracterização, impacto das actividades humanas e propostas de gestão. Relatório de Estágio para obtenção de Licenciatura em Recursos Faunísticos e Ambiente. Faculdade de Ciências de Lisboa. 194 p.
- CEARRETA, A. (2010) - Nivel marino y evolución costera en el litoral vasco durante el Holoceno: procesos naturales y antrópicos através del tiempo. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 16-22.
- CEARRETA, A.; ALDAY, M.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2002) - Modern and Holocene foraminiferal record of alternating open and restricted environmental conditions in the Santo André lagoon, SW Portugal. *Hydrobiologia*, 475/476, pp. 21-27.
- CEARRETA, A.; CACHÃO, M.; CABRAL, C; BAO, R.; RAMALHO, M.J. (2003) - Lateglacial and Holocene environmental changes in Portuguese coastal lagoons 2: microfossil multiproxy reconstruction of the Santo André coastal área. *The Holocene*, 13,3, pp. 447-458.
- CHANG, R. (1994) - Química - 5ª edição (Tradução portuguesa), Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda. Printer Portuguesa - Industria Gráfica, Lda., 1117 p.
- CHEIS, J.E.E.F. (1993) - A propósito do Reordenamento Urbanístico da Lagoa de Santo André. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 83-92.
- CHESTER, R. (1993) - Marine Geochemistry, Chapman & Hall. Londres, 698 p.
- COELHO, F. B. & SIMÕES, R.M.N. (1972) - Relatório geotécnico: aldeia de Brescos, Galiza, Charneca do Areal e Monte Feio. SOPECATE, Gabinete da Área de Sines, 12 p.
- COELHO, S.E.; GAMITO, S.; PÉREZ-RUZAFÁ, A. (2004) - Ornithological value of Foz de Almargem and Salgados coastal lagoons (south Portugal) based on non-passarine bird communities. Livro de Resumos da II Reunião científica de rede CYTED - XVII e 3º SIPRES - Simpósio interdisciplinar sobre processos estuarinos. Moura, D. & Boski, T. ed., p.18.
- CONNOR, S.; ARAÚJO, J.; GOMES, S.; BOSKI, T. (2013) - Final Report Project SWIRL. Project reference: PTDC/AAC-CLI/108518/2008. Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro. 61 p.
- COSTA, C.L. (1994) - Final report of sub-project a "Wind wave climatology of the Portuguese coast". Instituto hidrográfico/LNEC, report 6/94-A, Lisboa, Portugal, 80 p.
- COSTA, J. B. (1999) - Caracterização e Constituição do solo. Fundação Calouste Gulbenkian, 6ª edição, 527 p.
- COSTA, P. (2006) - Geological recognition of abrupt marine invasions in two coastal areas of Portugal. Tese de Mestrado. Departamento de "Geography and Earth Sciences", Universidade de Brunel. 138 p.
- COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M.; CANCELA DA FONSECA, L. (1985) - Breve caracterização da evolução recente da Lagoa de Santo André (1978-1985). *Actas do 1º Congresso do Alentejo*, vol. III. pp. 1429-1439.
- COSTA, A.M.; BERNARDO, J.M.; CANCELA DA FONSECA, L. (1988) - Sistemas lagunares de Odeceixe, Aljezur e Carrapateira (SW de Portugal): confinamento e produtividade. *Actas do 5º Congresso sobre o Algarve*, pp.693-698.

- COSTA, A.M.; CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.M.; MOITA, I. (1987) - Sistemas lagunares de Odeceixe, Aljezur e Carrapateira (SW Portugal): algumas causas e implicações do seu assoreamento. 1º Congresso de áreas protegidas, Lisboa, pp. 393-399.
- COSTA, A.M.; CRISTO, M.; DUARTE, P.; FRANCO, J.E.; ALVES, H.M.; BERNARDO, J.M.; CANCELA DA FONSECA, L. (1990) - Contribuição para a caracterização ecológica dos sistemas lagunares costeiros de Odeceixe e Aljezur. 6º Congresso do Algarve, vol.2, pp. 497-503.
- COSTA, A.M.; CRISTO, M.; CANCELA da FONSECA, L. (2003) - Annual cycle of the benthic community of a coastal lagoon: Lagoa de Melides (Grândola, SW Portugal). *Revista de Biologia*, nº. 21. pp. 71-89.
- COSTA, A. M.; BERNARDO, J. M.; CANCELA DA FONSECA, L. (2006) - Lagoa de Albufeira: Estratificação halina e mortalidade em mitilicultura (Março de 1985). *Actas do 1.º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros*. Instituto da Conservação da Natureza/Cezh, Lisboa. pp. 43-45.
- COSTA, P.J.M.; ANDRADE, C.; FREITAS, M.C.; OLIVEIRA, M.A.; JOUANNEAU, J-M. (2009) - Preliminary results of exoscopic analysis of quartz grains deposited by a palaeotsunami in Salgados lowland (Algarve, Portugal). *Journal of Coastal Research*, Proceedings ICS, SI, 56, pp. 39-43.
- COSTA, P.J.M.; ANDRADE, C.; FREITAS, M.C.; OLIVEIRA, M.A.; LOPES, V.; JOUANNEAU, J-M.; MORENO, J. (2010) - Reconhecimento de um depósito de tsunami na Lagoa dos Salgados (Algarve, Portugal). *Congresso Nacional de Geologia, Revista Electrónica de Ciências da Terra (Geosciences Electronic Journal, Volume 12 - nº 10), GEOTIC - Sociedade Geológica de Portugal [on-line]*. Disponível em: e-Terra, <http://e-terra.geopor.pt>. ISSN 1645-0388. 4 p.
- COSTA, P.J.M.; ANDRADE, C.; CASCALHO, J.; DAWSON, A.G.; FREITAS, M.C.; PARIS, R.; DAWSON, S. (2015) - Onshore tsunami sediment transport mechanisms inferred from heavy mineral assemblages. *The Holocene*, Maio 2015, 25: pp. 795-809.
- COUTINHO, M.T.P. (1998) - Diversidade do fitoplâncton e comportamento do índice de shannon numa lagoa costeira com cultivo de *Mytilus*. *Revista de Biologia*, 16, pp. 17-30.
- COWARDIN, L.M.; CARTER, V.; GOLET, F.C.; LAROE, E.T. (1985) - Classification of wetlands and deepwaters habitats of the United States, U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington D.C., 79 p.
- COX, P.A. (1995) - *The Elements on the Earth, Inorganic chemistry in the environment*. Oxford University Press Inc., New York, 287 p.
- CRISTO, M.; CANCELA DA FONSECA, L. (1994) - Growth of the common prawn *Palaemon Serratus* (Pennant) and the common shrimp *Crangon crangon* (L.) in the St. André Lagoon (SW Portugal). 1º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica. *Revista GAIA*, nº 8, Novembro. Universidade de Lisboa. pp. 33-37.
- CRUCES, A.G. (2001) - Estudo a micro e meso-escala temporal de sistemas lagunares do SW alentejano (Portugal): as lagoas de Melides e Santo André. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, na especialidade de Geologia do Ambiente, F.C.U.L, Lisboa. 219 p.
- CRUCES, A.; FREITAS, C.; ANDRADE, C. (1999) - Factores Forçadores Globais versus Locais na Evolução Tardiglacial e Holocénica de Sistemas Lagunares do Litoral SW Português. *Encontros de Geomorfologia*, Universidade de Coimbra. pp. 105-113.
- CRUCES, A.; FREITAS, M. C.; ANDRADE, C. (2000) - Morphodynamics of the artificial inlets of Melides and Santo André lagoons. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Universidade do Algarve, Faro, pp. 41-42.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; MUNHÁ, J.; TASSINARI, C.; VALE, C., JOUANNEAU, J.-M. (2003) - The importance of geochemistry in multidisciplinary studies of lagoonal environments at different time scales: the case of Santo André lagoon (SW Portugal), 8th International Coastal Symposia. 2 p.
- CRUCES, A.; ARAÚJO, M.F.; FREITAS, M.C.; PIEDADE, M.; ANDRADE, C. (2004a) - Contributo da Geoquímica na identificação da origem dos sedimentos lagunares, 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros. *Livro de Resumos*, p. 11.

- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T. (2004b) - Environmental characterisation of the interdunar depression of Lagoa da Sancha (SW Portugal). Livro de Resumos do Interdisciplinary Symposium on Wetlands, II Reunião Científica da rede CYTED-XVII e 3º SIPRES-Simpósio interdisciplinar sobre processos estuarinos. p. 24.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, A. ARAÚJO, M.F.; JOUANNEAU, M.J. (2005a) - Caracterização geoquímica dos sedimentos da Lagoa de Albufeira (Portugal) e utilização de radionuclídeos ( $^{210}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ) na determinação de taxas de sedimentação. XIV Semana de Geoquímica, VIII Congresso de Geoquímica dos países de língua portuguesa, Livro de Actas, Volume 2, pp. 607-610.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T. (2005b) - Caracterização geoambiental da depressão interdunar da Lagoa da Sancha (SW Portugal). Humedales de Iberoamérica - Experiências de estudo y gestión. CYTED XVII.C, Red Iberoamericana de humedales, L.F. Reyes & D.M. Moura eds., pp. 333-345.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T. (2005c) - Environmental characterisation of the interdunar depression of Lagoa da Sancha (SW Portugal). Livro de Resumos do Interdisciplinary Symposium on Wetlands, II Reunião Científica da rede CYTED-XVII e 3º SIPRES-Simpósio interdisciplinar sobre processos estuarinos. p. 24.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C. (2006) - Comparison of heavy metals content in sediments of four SW Portuguese coastal lagoons (Lagoons of Albufeira, Melides, Santo André and Sancha). Livro de resumos do XIII Seminário Ibérico de Química Marinha. IPIMAR, p. 62.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. (2009a) - Morphodynamics of the artificial inlet of Santo André coastal lagoon (SW Portugal) - twelve years of monitoring. 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico - MIA09. Nuevas contribuciones al margen ibérico atlántico, Ed. G. Flor Rodriguez, J. Gallastegui, G. Flor blanco, J. Martín Llana, Volume de Actas, pp. 233-236.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T.; ARAÚJO, M.F. (2009b) - Paleoeventos climáticos registados em interdunares húmidos (SW alentejano PORTUGAL). VII Reunião do Quaternário Ibérico, 4 p.
- CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; ARAÚJO, M.F.; FERREIRA, T. (2010) - Paleoclimatic events and sea-level evolution based on natural archives of wet dune slacks in the SW coast of Portugal. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 29-30.
- CRUCES, A.; QUARESMA, J.C.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T.; ARAÚJO, M.F. (2011) - Evidências geológicas e arqueológicas para a transição climática entre o Período Quente Romano e o “Período das Trevas” no SW alentejano (Portugal). IV Jornadas do Quaternário (APEQ)- Alterações Ambientais e Interação Humana na Fachada Atlântica Ocidental, FLUC, Coimbra, 9 - 10 de Dezembro 2011, 2 p.
- CRUCES, A.; FREITAS, C.; ANDRADE, C. (2015) - Modificações do hidrossoma lagunar em consequência da abertura antrópica das barras de maré: o caso das lagoas de Santo André e Albufeira. Livro de Resumos do V Encontro da Rede BRASPOR, Mértola, p. 36.
- CRUZ, T. P. G. (1989) - Estrutura e dinâmica de uma comunidade de macrofauna bentónica na Lagoa de Santo André - Quais os efeitos ecológicos da entrada natural de água oceânica sobre o cordão dunar? Estágio profissionalizante da licenciatura em Recursos Faunísticos e Ambiente. Laboratório Marítimo da Guia. 165 p.
- DAMBECK, R.; THIEMEYER, H.; KUNST, M.; LORD, A.; KALIS, A.J.; STIKA H.-P. (2010) - Estuary development and mid-holocene paleoenvironmental changes in the river valley of the Rio Sizandro (Torres Vedras, Portugal). Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 35-36.
- DANIELSEN, R. (2005) - Paleoenvironmental development of the Quiatos Dunes, Beira Litoral, Portugal. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 40-41.

- DANSGAARD, W.; JOHNSEN, S.J.; CLAUSEN, H.B.; DAHL-JENSEN, D.; GUNDESTRUP, N.S.; HAMMER, C.U.; HVIDBERG, C.S.; STEFFENSEN, J.P.; SVEINBJÖRNSDÓTTIR, A.E.; JOUZEL, J.; BOND, G. (1993) - Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364, pp. 218 - 220. doi:10.1038/364218a0
- DAVIES, B.E. (1997) - *Lead in Heavy metals in soils*. Ed. Alloway, B.J., Blackie academic & professional, Chapman & Hall, London, 368 p.
- DAVIES, J. (1964) - A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeit. Geom.*, nº 8. pp. 27-42.
- DAVIES, J. (1977) - *Geographical variation in coastal development*. Longman, 204 p.
- DAVIS, Jr.R.A. & FITZGERALD, D.M. (2004) - *Beaches and coasts*. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK. 419 p.
- DAVY, A.J.; GROOTJANS, A.P.; HISCOCK, K.; PETERSON, J. (2006) - Development of eco-hydrological guidelines for dune habitats - Phase 1. *English Nature Research Reports, Report Nº 696*, Peterborough (disponível em: enquiries@naturalengland.org.uk), 81 p.
- DEBRET, M. (2008) - Caractérisation de la variabilité climatique Holocène à partir de séries continentales, marines et glaciaires. *Climatology*. Thèse de doctorat de l'Université Joseph-Fourier, Spécialité : Sciences de la Terre et de l'Univers, 299 p.
- DELLWIG, O.; WATERMANN, F.; BRUMSACKA, H.J.; GERDES, G.; KRUMBEIN, W.E. (2001) - Sulphur and iron geochemistry of Holocene coastal peats (NW Germany): a tool for palaeoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 67, pp. 359-379.
- deMENOCAL, P.; ORTIZ, J.; GUILDERTON, T.; SARNSTEIN, M. (2000) - Coherent high- and low-latitude climate variability during the holocene warm period. *Science*, vol.288, pp. 2198-2202.
- DHVFBO Consultores, S.A. (2006) - Modelo de gestão das águas precipitadas para as zonas 1, R2 e R3 da ZIL de Sines. API PARQUES Gestão de Parques Empresariais, S.A., 42 p.
- DIAS, J. (1985) - Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional. *Actas da I Reunião do Quaternário Ibérico*, vol. I, pp. 281-295.
- DIAS, J.M.A. (1987) - Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional. Dissertação de Doutoramento em Geologia, apresentada à Faculdade de Ciências de Lisboa, 471p.
- DIAS, J.M.A. (1990) - A evolução do litoral português. *Geonovas*, nº11, Lisboa, pp: 15-28.
- DIAS, M.I.M. (1993a) - Contribuição para o estudo das argilas do bordo NW da Bacia Terciária do Tejo entre Rio Maior e Assentiz. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, 205 p.
- DIAS, V.N. (1993b) - A propósito do ordenamento cinegético da Lagoa de Santo André. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 75-78.
- DIAS, M.I.M. (1998) - Caracterização Mineralógica e Tecnológica de Argilas Especiais de Bacias Terciárias Portuguesas. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia Económica e do Ambiente, 333 p.
- DIAS, J.M.A. (2004) - A história da evolução do litoral português nos últimos vinte milénios. *Actas do Colóquio Evolução GeoHistórica do Litoral Português e fenómenos correlativos*. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia. Ed. Tavares, A.A., Tavares, M.J. & Cardoso, J.L. Universidade Aberta. pp. 157-170.
- DIAS, J. & RODRIGUES, A. (1993) - Post-glacial and sea-level changes in Portugal. Abstract, European Science Foundation Workshop on "Holocene sea-level changes". Rennes, França.
- DIAS, J. & TABORDA, R. (1992) - Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal. *J. Coastal Research* 8, pp. 655-659.

- DIAS, J.M.A.; BOSKI, T.; RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F. (2000) - Coast line evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until present - a synthesis. *Marine Geology*, 170, pp. 177-186.
- DINIS, A.C. (1982) - O potencial de utilização das terras e carta de vocação dos solos. 1. Bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André. 37 p. + mapas.
- DINIS, J.; HENRIQUES, V.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. (2005) - The Holocene evolution of the Óbidos, Alfeizerão and Pederneira Lagoons (Western Portugal). Natural and anthropic forcing. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 42-43.
- DINIS, J.L.; HENRIQUES, V.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; COSTA, P. (2006) - Natural to anthropogenic forcing in the Holocene evolution of three coastal lagoons (Caldas da Rainha valley, western Portugal). *Quaternary international*, 150, Elsevier, pp. 41-51.
- DIZ, P.; FRANCÉS, G.; PELEJERO, C.; GRIMALT, J.O.; VILAS, F. (2002) - The last 3000 years in the Ria the Vigo (NW Iberian Margin): climatic and hydrographic signals. *The Holocene*, 12 (4), pp. 459-468.
- DOBKINS, J.E. & FOLK, R.I. (1970) - Shape development on Tahiti-nui. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 40, n° 4. pp 1167 - 1203.
- DRAGO, T. (2005) - Late Quaternary environmental changes of Northern Portuguese estuaries. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 46-51.
- DREYER, J.I. (1997) - The geochemistry of natural waters, surface and groundwater environments. Third edition. Prentice-Hall, 436 p.
- DUARTE, A.P.O. (1987) - The ichthyoplankton of the Albufeira Lagoon (1984/1985). *Inv.Pesq.*, 51(3), pp. 411-426.
- DUARTE, A. P. (1994) - Caracterização do iclioplâncton de diferentes zonas da costa portuguesa. *Provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar*. INETI, Lisboa. 285 p.
- DUARTE, P.; BERNARDO, J.M.; COSTA, A.M.; MACEDO, F.; CALADO, G. ; CANCELA DA FONSECA (2002) - Analysis of coastal lagoon metabolism as a basis for management. *Aquatic Ecology*, 36, pp. 3-19.
- DUFUS, J.H. (2002) - "Heavy metals" - a meaningless term? IUPAC Technical Report, *Pure and Applied Chemistry* 74, pp. 793-807.
- EILM/Consórcio NEMUS/Hidromod/Consulmar (2005) - Estudo Integrado da Lagoa de Melides, Relatório 4 - Propostas. Consórcio NEMUS/Hidromod/Consulmar. Lisboa, 91 p. + Anexos.
- EPA (1994) - PHOTOIONIZATION DETECTOR (PID) HNU. Environmental Protection Agency SOP#: 2114. 16 p. (consultado em 3/9/2015: <http://www.dem.ri.gov/pubs/sops/wmsr2114.pdf>)
- ERENA (1988) - Projecto de recuperação e gestão dos biótopos lagunares costeiros do distrito de Setúbal. Relatório de Progresso, Agosto 1988. ERENA-SEARN-SNPRCN - Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais/Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza. Relatório: 1- Análise prévia. SEARN. Lisboa. 14 p. + cartografia e 2 anexos.
- EWERS, U. & SCHLIPKOTER, H-W (1991) - Lead in Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weiheim. 1438 p.
- FALCÃO, M. (1996). Dinâmica dos Nutrientes da Ria Formosa: efeitos da interacção da laguna com as suas interfaces na reciclagem do azoto, fósforo e sílica. Tese de Doutoramento, UCTRA, Universidade do Algarve, 223 p.
- FANNING, D.S.; RABENHORST, M.C.; SULLIVAN, L.A. (2006) - Some history of the recognition of and development of the knowledge about acid sulphate soils - Internationally and in the U.S. (especially in Maryland and in nearby states),

- pp.5-23 - Part 1 in 18<sup>th</sup> World Congress of Soil Science - Guidebook - Acid Sulfate Soils of the U.S. Mid-Atlantic/Chesapeake Bay region, 111 p.
- FARINHA, J. C. & SILVA, E. P. (1997) - Lagoa de Santo André, Lagoa de Sancha e Ribeira de Moinhos, situação actual e algumas medidas para a sua conservação. Estudos de Biologia da Natureza, Instituto da Conservação da Natureza, 52 p.
- FARINHA, J.C. & TRINDADE, A (1994) - Contribuição para o inventário e caracterização das zonas húmidas em Portugal continental. MedWet, ICN, Qualigrafe, Artes Gráficas, Lda., 211 p.
- FEIO, M. (1952) - A evolução do relevo do Baixo-Alentejo e Algarve, estudo de geomorfologia, Instituto para a Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos. Lisboa, 186 p.
- FEIO, M. (1984) - Geomorfologia, Capítulo 1, Notícia explicativa da folha nº 7 - Oliveira, J. T. (coord), Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 77 p.
- FERGUSON, J.E. (1990) - The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press, Oxford.
- FERNANDES, C. (2007) - Contaminação da Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos por metais pesados: Efeitos bioquímicos e histológicos em *Liza saliens*. UTAD. Vila Real: UTAD. Tese de Doutoramento em Ciências Exactas, Naturais e Tecnológicas - Ciências do Ambiente. 136 p.
- FERNANDES, M.J.; MARTINS, R.G.; TEIXEIRA, S.B.; GASPAS, A.P. (2001) - Salt water intrusion and groundwater discharge into a coastal lake (Salgados Lagoon, Algarve, Portugal). First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers, 1 p.
- FERRAZ, M. (2005) - Caracterização geoambiental da Lagoa de Albufeira a micro e mesoescala temporal. Relatório de Estágio Profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente. Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa, 173 p.
- FERRAZ, M.; SILVA, E.; CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; CACHÃO, M.; ANDRADE, C.; ARAÚJO, M.F. (2005) - Environmental characterization of the Albufeira lagoon (Portugal) at micro timescale using a multidisciplinary approach. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 54-57.
- FERREIRA, A. (2000) - Dados geoquímicos de base de sedimentos fluviais de amostragem de baixa densidade de Portugal Continental. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- FERREIRA, T.M.A. (2006) - Evolução paleoambiental da Lagoa da Sancha (Litoral SW português) com base no estudo sedimentológico e de diatomáceas (Bacillariophyceae). Tese de Mestrado em Geologia Económica e Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 142 p.
- FERREIRA, T.; CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; ARAÚJO, M.F.; BAO, R. (2005) - Microscale characterization of Lagoa da Sancha - an acidic dune slack in the Portuguese SW coast. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 58-61.
- FERREIRA, T.; CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C. (2006) - Holocene infill of Poços do Barbaroxa dune-slacks. 5<sup>o</sup> Simpósio sobre a MARGEM IBÉRICA ATLÂNTICA. pp. 73-74.
- FERREIRA, Ó.; DIAS, J.A.; TABORDA, R. (2008) - Implications of Sea-Level Rise for Continental Portugal, Journal of Coastal Research 24, 2, pp. 317-324.
- FERREIRA, T.; RAMOS, R.; FREITAS, C.; ANDRADE, C. (2009) - Morphological evolution of the Óbidos Lagoon (western coast of Portugal) since the Holocene Transgressive maximum. Journal of Coastal Research, ICS 2009 (Proceedings), SI 56, Portugal, pp. 612 - 616.
- FIDALGO e COSTA, P (1994) - First data on the density of the polychaeta *Hediste diversicolor* O.F. MÜLLER 1776 (Annelida, Polychaeta) in the small river of Odeceixe (southwest coast of Portugal). Gaia, 8, pp. 29-32.

- FIDALGO e COSTA, P.; SARDA, R.; CANCELA DA FONSECA, L. (1998) - Life cycle, growth and production of the polychaeta *Nereis diversicolor* O.F. MÜLLER in the three lagoonal estuarine systems of the southwestern portuguese coast (Odeceixe, Aljezur and Carrapateira). *Écologie*, t. 29(4), pp. 523-533.
- FIDALGO e COSTA, P.; BROTAS, V.; CANCELA DA FONSECA, L. (2002) - Physical characterisation and microphytobethos biomass of estuarine and lagoon environments of the southwest coast of Portugal. *Limnetica* 21(1-2), pp. 69-79.
- FIDALGO e COSTA, P.; OLIVEIRA, R. F.; CANCELA DA FONSECA, L. (2006) - Feeding Ecology of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) (Annelida, Polychaeta) on Estuarine and Lagoon Environments in the Southwest Coast of Portugal. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 1(2), pp. 114-126.
- FLEMMING, B.W. (2000) - A revised Textural Classification Of Gravel-free Muddy Sediments On The Basis Of Ternary Diagrams. In: *Continental Shelf Research* 20, pp. 1125-1137.
- FLETCHER, W.J.; BOSKI, T.; MOURA, D. (2007) - Palynological evidence for environmental and climatic change in the lower Guadiana valley, Portugal, during the last 13 000 years. *The Holocene* 17, 4. pp. 481-494.
- FOLK, R.L. (1954) - The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, vol. 62, nº 4, pp. 344-359.
- FOLK, R.L. (1974) - Petrology of sedimentary rocks. Hemphil Publishing Co. 184 p.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. (1957) - Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 27, nº 1, pp. 3-26.
- FONSECA, R. (1985) - "Caracterização do ambiente sedimentar da Lagoa de Santo André". Relatório de Estágio Científico em Geologia apresentado à F.C.U.L. 108 p.
- FONSECA, R. (1989) - Estudo sedimentológico das lagoas Santo André, Melides e Sancha. Relatório final do projecto "Estudos-base de caracterização Física, Química e Biológica dos biotopos lagunares costeiros das Lagoas de Santo André, Melides e Sancha". S.N.P.R.C.N. Lisboa (mimeo), 53 p.
- FONSECA, R. (1992) - "Caracterização morfológica Actual dos Sistemas lagunares de S. André e Melides". *Geonovas*. Número especial 1. Lisboa. pp. 31-41.
- FONSECA, R. (1993) - "Evolução morfológica do sistema lagunar de Stº André ao longo de 40 anos. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 11-28.
- FÖRSTENER, U. (1980) - Trace Metal analysis on polluted sediments. Part I: Assessment of sources and intensities. *Environment Tehenology Letters*, vol. 1. Science & Technology Letters. pp. 494-505.
- FÖRSTENER, U., & WITTMANN, G.T.W. (1981) - Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 486 p.
- FORTUNATO, A.B. & OLIVEIRA, A. (2007) - Case Study: Promoting the Stability of the Óbidos Lagoon Inlet. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 133, No. 7, July 2007, pp. 816-824.
- FREITAS, M.C. (1989a) - Evolução da Lagoa de Óbidos nos tempos históricos. *Geolis*, vol. III, Fasc. 1 e 2, pp. 105-117.
- FREITAS, M. C. P. (1989b) - Lagoa de Óbidos - morfossedimentogenese aplicada. Tese de Mestrado em Geologia Económica e Aplicada. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 239 p.
- FREITAS, M.C. (1989c) - Natureza dos sedimentos de fundo da Lagoa de Óbidos. *GEOLIS*, vol. III, Fasc. 1 e 2, pp. 144-153.
- FREITAS, M.C. (1990) - Lagoa de Albufeira - Estudo preliminar. *Geolis*, vol. IV,fasc. 1 e 2, pp. 153-172.
- FREITAS, M. C. P. (1995) - A Laguna de Albufeira (Península de Setúbal), sedimentologia, morfologia e morfodinâmica. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente. Lisboa, 337 p.



- FREITAS, M.C. (1996) - Lagunas costeiras: ambientes em evolução. Resumo das comunicações do “Seminário sobre lagunas costeiras e Ilhas-barreira da zona costeira de Portugal”, Associação Eurocoast-Portugal, Aveiro, 5 pp.
- FREITAS, M.C. & ANDRADE, C. (1994) - Tidal inlet evolution and hydraulic characteristics at Albufeira lagoon. *Proc. LITTORAL* 94, pp. 257-271.
- FREITAS, M.C. & ANDRADE, C. (1995a) - Influência da abertura da barra nas características sedimentológicas da Lagoa de Albufeira. IV Congresso Nacional de Geologia, Memórias nº 4, Porto, pp. 929-933.
- FREITAS, M.C. & ANDRADE, C. (1995b) - Dados preliminares sobre os depósitos holocénicos da região vestibular da Ribeira da Apostiça (Lagoa de Albufeira). IV Congresso Nacional de Geologia, Memórias nº 4, Porto, pp. 923-927.
- FREITAS, M.C. & ANDRADE, C. (1997a) - Registo sedimentar da evolução Holocénica da barreira de Melides (SW Portugal). Volume dos resumos do 2º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Cádiz, pp. 179-180.
- FREITAS, M. C. & ANDRADE, C. (1997b) - Evolução Holocénica da barreira de Melides (SW Portugal). I Jornadas do Quaternário de Portugal, Braga, 5 p.
- FREITAS, M.C. & ANDRADE, C. (2005) - Global versus Local forcing factors and paleoenvironmental changes of estuaries and lagoons of SW Portugal since the Late Glacial. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pp. 64-70.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE C.; JONES, F. (1992) - Recent evolution of Óbidos and Albufeira coastal lagoons. *Proc. Inter. Coastal Congress, ICC-Kiel'92*, pp. 167-186.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; ROMARIZ, C. (1993) - Middle and late Holocen evolution of the Meledes barrier (SW Portugal). First results. *Terra abstracts, EUG VII, Strasbourg*, pp. 613-614.
- FREITAS, M.C.; CACHÃO, M.; CANCELA DA FONSECA, L. CAROÇA, C.; GALOPIM DE CARVALHO, A.M. (1994) - Unusual co-occurrence of Serpulids and Bryozoa in a lagoonal system (Albufeira coastal lagoon - Portugal). *Gaia*, nº 8, pp. 39-46.
- FREITAS, M.C.; SANTOS, A.; ANDRADE, C. (1995) - Lagoa de Melides: características hidrológicas e sedimentológicas gerais. Memórias nº. 4, IV Congresso Nacional de Geologia, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Fac. de Ciências da Universidade do Porto. pp. 935-939.
- FREITAS, C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.; CACHÃO, M. (1998) - Influência da abertura da barra nas características hidrológicas e sedimentológicas da laguna de Santo André. *Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, Tomo 84, Fascículo 1, pp. C 71-74.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (1999a) - Lagoa de Santo André - Dinâmica do sistema lagunar actual. Comportamento da barra, dinâmica hidrológica e sedimentar da laguna. *Evolução Holocénica do sistema lagunar*. Livro guia da visita de estudo ao litoral entre S. André e V. Nova de Mil Fontes do Seminário “A zona costeira do Alentejo”, EUROCOAST, 7 p.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C. (1999b) - As lagunas de Melides e Santo André: evolução e comportamento morfodinâmico. *Actas do Seminário “A zona costeira do Alentejo”*, EUROCOAST. pp. 27-44.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2000a) - A importância do conhecimento geológico no ordenamento de ambientes lagunares: exemplos do litoral SW de Portugal. *Seminário Eurocoast Portugal “Perspectivas de gestão integrada de ambientes costeiros”*. Coimbra. pp. 127-142.
- FREITAS, M.C.P.; ANDRADE, C.A.F.; CRUCES, A.G. (2000b) - Estudo Integrado do Sistema lagunar de Santo André - Monte Velho. *Relatório Técnico. Vol. I - Memória Descritiva e vol. II - Anexos. CEGUL/DRA - Alentejo*. Lisboa, 52 p.
- FREITAS, M.C.P.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2002a) - Estudo Integrado do Sistema Lagunar de Santo André - Monte Velho. *Colecção Estudos sobre Alentejo*, 1, DRAOT Alentejo, 80 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2002b) - The geological record of environmental changes in southwestern Portuguese coastal lagoons since the Lateglacial. *Quaternary International*, vol. 93-94 (C), pp. 161-170.

- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; AMORIM, A.; CEARRETA, A.; RAMALHO, M.J. (2002c) - Coastal Environmental Changes at Different Time-Scales: the Case of the Melides Barrier-Lagoon System (SW Portugal). Proceedings, LITTORAL 2002, Eurocoast, Vol. III, pp. 397-402.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CEARRETA, A.; ROCHA, F.; CRUCES, A.; SANTOS, L.; SÁNCHEZ GOÑI, M. F.; BAO, R.; CABRAL, M.C.; MUNHÁ, J.; RAMALHO, M. J. (2003a) - Sedimentação holocénica em zonas húmidas - o caso da laguna de Melides (SW Portugal). Proceedings IV Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica, Thalassas, nº 19 (2b), pp. 151-153.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2003b) - Middle/Late Holocene alleviation of SW Portuguese lagoons - causes, sediments and rates. Coastal Sediments'03 - The fifth International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes, edição em CD-ROM, 14 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; CACHÃO, M. (2003c) - Sedimentary response to sea-level changes of Portuguese lowlands since the Late Glacial - a multidisciplinary approach. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas, 5 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; DRAGO, T. (2003d) - Holocene sea-level rise in western Portugal based on the study of coastal sedimentary sequences. Proceedings IV Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica, Thalassas, nº 19 (2a), pp. 104-106.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; ROCHA, F.; TASSINARI, C.; MUNHÁ, J.M.; CRUCES, A.; VIDINHA, J.; SILVA, C. M. (2003e) - Lateglacial and Holocene environmental changes in Portuguese coastal lagoons: 1. The sedimentological and geochemical records of the Santo André coastal area (SW Portugal). The Holocene, 13, 3, pp. 433-446.
- FREITAS, M.C.; CACHÃO, M.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2003f) - O ciclo sedimentar do Tardiglacial e Holocénico. Exemplos do litoral SW português. Ciências da Terra, Vol. Especial V, VI Congresso Nacional de Geologia, p. 98.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; FERREIRA, T. (2004a) - Sediments and dynamics of an interdune environment - the case of Lagoa da Sancha (Portuguese SW coast). Livro de resumos do 23rd IAS Meeting of Sedimentologie. p. 119.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.; CACHÃO, M. (2004b) - Dinâmica de barras de maré de sistemas lagunares - impacto no corpo aquoso e na sedimentação das lagunas de Albufeira, Melides e Santo André, 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros. Livro de Resumos, p. 10.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; SILVA, M.C.; CARVALHO, M.R.; COSTA, M.J.; BROTAS, V.; CABRAL, H.; SILVA, J.M.; ALMEIDA, P.R.; COSTA, J.L.; CRUCES, A.; CARDOSO, I.; SANTOS, P.R. (2007a) - Projecto Recuperação da Lagoa de Melides - Monitorização ambiental - Relatório Preliminar (Setembro 2007). Relatório apresentado à DRA/Alentejo, não publicado, 26 p.
- FREITAS, M.C.; CABRAL, H.; BROTAS, V.; CRUCES, A.; CARDOSO, I.; MENDES, R.; SANTOS, P.R.; WOUTERS, N.; C. GAMEIRO (2007b) - Projecto Recuperação da Lagoa de Melides - Monitorização ambiental - 2º Relatório de Progresso (Dezembro 2007). Relatório apresentado à DRA/Alentejo, não publicado, 74 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; FERREIRA, T.; CRUCES, A.; ARAÚJO, M.F. (2007c) - Wet dune slacks, sea-level and coastal evolution in the southwestern Portuguese façade. Book of Abstracts, 9th International Coastal Symposium ICS 2007, Griffith School of Engineering, p. 29.
- FREITAS, M.C.; CABRAL, H.; BROTAS, V.; CRUCES, A.; CARDOSO, I.; SANTOS, P.R.; WOUTERS, N.; C. GAMEIRO. (2008) - Projecto Recuperação da Lagoa de Melides - Monitorização ambiental - 3º Relatório de Progresso (Abril 2008). Volume I - Memória descritiva, 91 p. + Volume II - Anexos, 96 p. Relatório apresentado à DRA/Alentejo, não publicado.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.F.; CARVALHO, M.R.; SILVA, M.C.; BROTAS, V.; CARTAXANA, P.; GAMEIRO, C.; DINIZ, T.C.S.; SILVA, J.M.; BRANQUINHO, C.; VIEIRA, A.R.; ANTUNES, C.; CORREIA, O.; CABRAL, H.; WOUTERS, N.; PAIS, M.; SANTOS, P.R. (2009a) - Projecto Recuperação da Lagoa de Melides - Monitorização ambiental - Relatório Final (Actualização) (Abril 2009). Volume I - Memória descritiva, 215 p. Volume II - Anexos, 217 p. Relatório apresentado à DRA/Alentejo, não publicado.

- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.F.; CARVALHO, M.R.; SILVA, M.C.; BROTAS, V.; CABRAL, H.; DINIZ, T.C.S.; WOUTERS, N.; PAIS, M.; HENRIQUES, S.; BATISTA, M.; SANTOS, P.R.; SILVA, J.M.; BRANQUINHO, C.; CORREIA, O. (2009b) - Projecto de requalificação da Lagoa de Melides - 3ª Fase/Qualidade da água e ecossistemas - Aquisição de serviços. Relatório de Progresso 3, Dezembro de 2010, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Administração da Região Hidrográfica do Alentejo I.P. (ARH Alentejo), não publicado, 14 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2010a) - Metais pesados em sedimentos de sistemas lagunares do litoral SW de Portugal Continental. In: Neiva, J.M.; Ribeiro, A.; Mendes Víctor, L.; Noronha, F.; Ramalho, M. (Eds) - Ciências Geológicas - Ensino e Investigação e sua História, Vol. II, Cap. II - Geologia do Ambiente, pp. 207-218.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.F.; CARVALHO, M.R.; SILVA, M.C.; BROTAS, V.; CABRAL, H.; DINIZ, T.C.S.; WOUTERS, N.; PAIS, M.; HENRIQUES, S.; BATISTA, M.; SANTOS, P.R.; SILVA, J.M.; BRANQUINHO, C.; CORREIA, O. (2010b) - Projecto de requalificação da Lagoa de Melides - 3ª Fase/Qualidade da água e ecossistemas - Aquisição de serviços. Relatório de Progresso 3, Dezembro de 2010, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Administração da Região Hidrográfica do Alentejo I.P. (ARH Alentejo), não publicado, 13 p.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.F.; CARVALHO, M.R.; SILVA, M.C.; BROTAS, V.; CABRAL, H.; DINIZ, T.C.S.; WOUTERS, N.; PAIS, M.; HENRIQUES, S.; BATISTA, M.; SANTOS, P.R.; SILVA, J.M.; BRANQUINHO, C.; CORREIA, O. (2010c) - Projecto de requalificação da Lagoa de Melides - 3ª Fase/Qualidade da água e ecossistemas - Aquisição de serviços. Relatório de Progresso 3, Dezembro de 2010, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Administração da Região Hidrográfica do Alentejo I.P. (ARH Alentejo), não publicado, 102 p.
- FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.F.; RAMOS, R.; CRUCES, A.; HENRIQUES, V. (2010d) - Evolução paleoambiental da planície litoral a sul da Nazaré des o Tardiglacial. Integração no modelo de evolução do litoral Português. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 48-58.
- FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C.F.; CARVALHO, M.R.; SILVA, M.C.; BROTAS, V.; CABRAL, H.; DINIZ, T.C.S.; WOUTERS, N.; PAIS, M.; HENRIQUES, S.; BATISTA, M.; SANTOS, P.R.; SILVA, J.M.; BRANQUINHO, C.; CORREIA, O. (2011) - Projecto de requalificação da Lagoa de Melides - 3ª Fase/Qualidade da água e ecossistemas - Aquisição de serviços. Relatório de Progresso 4 - relatório Final, Dezembro de 2011, Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Administração da Região Hidrográfica do Alentejo I.P. (ARH Alentejo), não publicado, 111 p.
- FREITAS, M. C.; CARVALHO, M. R.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; MOREIRA, S. (2015) - Contamination of sediments and water of a wet dune slack (SW Portugal). Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU2015-13522-1.
- FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E. (1978) - Principles of Sedimentology. John Wiley & Sons, New York, 792 p.
- GAIDA, R. & RADTKE, U. (1983) - Datation de tufs quaternaires du Baixo Alentejo par les méthodes Th/U et ESR. Finisterra, vol. XVIII, nº 35. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa, pp. 107-111.
- GALOPIIM DE CARVALHO, A.M. (1965) - Apontamentos de sedimentologia aplicada à geomorfologia. Lisboa, 167 p.
- GALOPIIM DE CARVALHO, A.M. (1984) - Aspectos gerais da geomorfologia da Península Ibérica. Geonovas, nº 7. Lisboa, pp. 133-142.
- GALOPIIM DE CARVALHO, A.M. (2005) - Geologia sedimentar. Volume II - Sedimentologia. Editora Âncora. Lisboa, 475 p.
- GALOPIIM de CARVALHO, A.M. & RIBEIRO, A. (1962) - Geologia dos depósitos pós-wurmianos da foz do Leça. Bol. M. Lab. Min. Geol. Faculdade de Ciências, 9, pp. 53-74.
- GALOPIIM DE CARVALHO, A. M. & ROMARIZ, C. (1973) - Tufos calcários quaternários do Santiago de Cacém. Finisterra, vol. VIII, nº 15, Centro de Estudos Geográficos. Lisboa, pp. 112-114.
- GAMA, C.M.P. (2004) - Dinâmica de sistemas sedimentares do litoral ocidental português a sul do Cabo Espichel. Tese de Doutoramento do Departamento de Geociências da Universidade de Évora. 359 p.

- G.E.T. (1979) - Programa-base da piscicultura e fomento piscícola nas zonas sob jurisdição do G.A.S. (anteprojecto). Relatório. 95 p.
- GAUGLHOFER, J. & BIANCHI, V. (1991) - Chromium *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weiheim. 1438 p.
- GEOSOLVE), Luís Barbosa Cardoso (2002) - Relatório Geológico-Geotécnico Projecto de Execução do Gasoduto Sines-Setúbal.
- GEYH, M.A. & SCHLEICHER, H. (1990) - Absolute age determination, physical and chemical dating method and their application. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 503 p.
- GILL, R. (1996) - Chemical fundamentals of geology. Chapman & Hall, Best-set Typesetter Ltd., Hong Kong, 298 p.
- GILL, R. (1997) - Modern Analytical Geochemistry, an introduction to quantitative chemical analysis techniques for Earth, Environmental and Materials Scientists. Addison Wesley Logman, Singapore, 329 p.
- GOERING, P.L. & FOWLER, B.A. (1991) - Niobium *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weiheim. pp. 1127-1133.
- GOLDSCHMIDT, V.M. (1962) - Geochemistry. The International Series of Monographs on Physics. University Press, Oxford. 730 p.
- GOMES, N.M.N. (1992) - Dinâmica dunar no arco Tróia-Sines (Portugal). Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 121 p.
- GOMES, A.A.T. (2000) - Evidências geomorfológicas de alguns processos responsáveis pela evolução quaternária do canhão de Setúbal. 1º Congresso sobre o Cenozóico de Portugal, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, pp. 179-188.
- GOMES, S.D. (2007) - A palinologia da Lagoa do Saloio (Nazaré, Portugal) e a evolução holocénica da região da Mata Nacional do Valado. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, para obtenção do grau de mestre em Arqueologia Pré-Histórica e arte rupestre, 125 p.
- GONÇALVES, P.M.L.; DINIS, J.L. (2010) - The Holocene evolution of the Lis river - an historical, geomorphological and sedimentological approach. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 59-60.
- GOUVEIA, M.A. & PRUDÊNCIO, M.I. (2000) - New data on sixteen reference materials obtained by INAA. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 245, Nº. 1, pp.105-108.
- GOUVEIA, M.A.; PRUDÊNCIO, M.I.; FREITAS, M.C.; MARTINHO, E.; CABRAL, J.M.P. (1987) - Interference from uranium fission products in the determination of rare earths, zirconium and ruthenium by instrumental neutron activation analysis in rocks and minerals. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 114, nº 2, pp. 309-318.
- GOVINDARAJU, K. (1994) - Geostandards Newsletter, 18 (Special Issue) 1.
- GRANJA, H. (1995) - Sea-level changes during the Pleistocene-Holocene in the NW coastal zone of Portugal. Terra Nova, 7, pp. 60-67.
- GRANJA, H. M. (1999) - Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climatic indicators in the northwest coastal zone of Portugal. Geologie in Mijnbouw, 77, pp. 233-245.
- GRANJA, H.M. (2005) - Evolution of the coastal zone of NW Portugal (Minho-Mondego) since late glacial times. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 76-78.
- GRANJA, H.M. (2010) - Coastal zone changes on NW Portugal since the late glacial, synthesis and update. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 65-66.

- GRANJA, H.M. & GROOT, T.A.M. (1996) - Sea-level rise and neotectonism in a Holocene coastal environment at Cortegaça Beach (NW Portugal): a case study. *Journal of Coastal Research*, 12, pp. 160-170.
- GRANJA, H.M.; SOARES DE CARVALHO, G.; De GROOT, T.; MONGE SOARES, A.; PARISH, R. (1996) - Geochronology and the recent geomorphological evolution of the Northwest coastal zone of Portugal *in* Partnership in Coastal Zone Management, J. Taussik & J. Mitchell eds., Samara Publishing Limited, Cardigan, pp. 297-308.
- GROOTJANS, A.P.; GEELAN, H.W.T.; JANSEN, A.J.M.; LAMMERTS, E.J. (2002) - Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia*, 478, P.H. Nienhuis & R.D. Gulati (eds.), Ecological restoration of aquatic and semi-aquatic ecosystems in the Netherlands (NW Europe), pp. 181-203.
- GROOTJANS, A.P.; ADEMA, E.B.; BEKKER, R.M.; LAMMERTS, E.J. (2004) - Why Young Coastal Dune Slacks Sustain a High Biodiversity. Capítulo 6 *in* Coastal Dunes, ecology and conservation. Ecological studies, 171, M.L. Martínez & N.P. Psuty Eds., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 85-101.
- GROSS, M.G. (1971) - Carbon determination, Capítulo 25 *in* Procedures in sedimentary petrology. R.C. Carver ed., Wiley-Inter-Science, London and New York, pp. 573-596.
- GROVE, J. M. (1988) - The Little Ice Age, Methuen, London, 498 p.
- GUERREIRO, C.; CACHAO, M.; DRAGO, T. (2005) - Calcareous nannoplankton as a tracer of the marine influence in the NW coast of Portugal, over the last 14000 BP. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 79-81.
- GUERREIRO, C.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, A. (2009) - Shelf-break Canyons Versus "Gouf" Canyons: a Comparative Study Based on the Silt-Clay Mineralogy of bottom Sediments from Oporto, Aveiro and Nazaré Submarine Canyons (NW of Portugal). *Journal of Coastal Research*, 56, 2 pp. 722-726.
- HADJIIONANNON, T.P., CHRISTIAN, D.G., EFSTATHION, C.E., NIKOLELIS, D.L. (1988) - Problem solving in analytical chemistry. Pergamon Press, Oxford. 437 p.
- HAMMARSTROM, J.M.; SEAL II, R.R.; MEIERB, A.L.; KORNFELDC, J.M. (2005) - Secondary sulfate minerals associated with acid drainage in the eastern US: recycling of metals and acidity in surficial environments. *Chemical Geology* 215, pp. 407 - 431.
- HAYES, M. O. (1979) - Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime in Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico. Stephen P. Leatherman (eds), Academic Press, pp. 1-29.
- HENDERSON, P. (1986) - Inorganic Geochemistry. Pergamon Press, Wheaton & Co. Ltd. Exeter.
- HENRIQUES, M.V. (1992) - Morphological evolution of the Óbidos Lagoon. *Journal of Coastal Research*, vol. 8, Nº 3, PP. 677-687.
- HENRIQUES, A. & JESUS, J. (1996) - Estudo de impacte ambiental do desassoreamento da Barrinha de Esmoriz/Lagoa de Paramos. 3º Congresso da água/VII SILUBESA, Comunicações III, pp. 589-600.
- HENRIQUES, M.V.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2002) - Alterações morfológicas em ambientes litorais desde o último máximo transgressivo: exemplos da Estremadura e do Alentejo. *Actas do 1º Seminário de Geomorfologia. Contribuições para a dinâmica geomorfológica*, APGeom, Vol 1, 99-109.
- HENRIQUES, M.V.; FREITAS, M.C.; RAMOS, R.; ANDRADE, C. (2010) - A Lagoa da Pederneira - evolução geomorfológica e contexto socioeconómico regional. *Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS*, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 67-69.
- HESLENFELD, P.; JUNGERIUS, P.D.; KLIJN, J.A. (2004) - European coastal dunes: ecological values, threats, opportunities and policy development - Capítulo 20 *in* Coastal Dunes, ecology and conservation. Ecological studies, 171, M.L. Martínez & N.P. Psuty Eds., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 335-351.

- HOFFMAN, G. (1989) - Estratigrafia Holocénica da linha de costa nos vales dos rios Sizandro (Portugal) e Guadiana (Portugal e Espanha). *Geolis*, 3, pp. 137-143.
- HOUSTON, J.A. (2008) - MANAGEMENT of Natura 2000 habitats - 2190 - Humid dune slacks. Technical Report 2008 05/24. Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. European Communities. 24 p.
- HUEBERS, H.A. (1991) - Iron in Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weinheim. 1438 p.
- I.N.M.G. - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFISICA (1990) - O CLIMA DE PORTUGAL, FASCÍCULO XL, VOL. 4 - 4ª REGIÃO, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA REGIÃO DE "ALENTEJO E ALGARVE" CORRESPONDENTES A 1941 - 1970. LISBOA.
- I.N.M.G. - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFISICA (1991) - O CLIMA DE PORTUGAL, FASCÍCULO XLIX, VOL. 4 - 4ª REGIÃO, NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA REGIÃO DE "ALENTEJO E ALGARVE" CORRESPONDENTES A 1951 - 1980. LISBOA.
- ICES - International Council for the Exploration of the Sea (2000) - Report of the Working Group on marine sediments in relation to pollution. Advisory Committee on the Marine Environment. ICES CM 2000/E:03.
- ICES - International Council for the Exploration of the Sea (2001a) - Report of the Working Group on marine sediments in relation to pollution. Advisory Committee on the Marine Environment. ICES CM 2001/E:04.
- ICES - International Council for the Exploration of the Sea (2001b) - Report of the Advisory Committee on the Marine Environment. ICES Cooperative Report, nº 248, 203 p.
- ICES - International Council for the Exploration of the Sea (2003) - Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. ICES CM 2003/E: 04, Ref. ACME. Marine Habitat Committee. Copenhagen, 84 p.
- IMBODEN, D. M. & WÜEST, A. (1995) - Mixing mechanisms in lakes, capítulo 4 In *Physics and chemistry of lakes*, Second edition. Springer-Verlag. 334 p.
- INÁCIO, A.; CRAVO, J.; COSTA, M. (2014) - Estudo dos sedimentos ácidos da Lagoa da Sancha. Relatório da disciplina de Projecto da licenciatura em geologia do Departamento de Geologia da FCUL, Lisboa, 38 p. + anexos (A, B, C, D, E, F, G, H, I).
- INIAP (2003) - Mortalidade de peixes na Lagoa de Melides. Relatório do Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa, 4 p.
- INVERNO, C.M.C. (1993a) - Capítulo IV., Estratigrafia (sustrato hercínico), Notícia explicativa da folha nº 42-C - Santiago do Cacém, Carta Geológica de Portugal, esc: 1/50 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 75 p.
- INVERNO, C.M.C. (1993b) - Capítulo VII, Recursos Geológicos - Recursos Metálicos. Notícia explicativa da folha nº 42-C - Santiago do Cacém, Carta Geológica de Portugal, esc: 1/50 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 75 p.
- IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry (1978) - *Spectrochimica Acta B*, 33 p.
- IVANOFF, A. (1972) - Introduction à l'océanographie, propriétés physiques et chimiques des eaux de mer, Tome I. Vuibert, Paris, 548 p.
- JACKSON, D.L. & MCLEOD, C.R., (2000) - Handbook on the UK status of EC Habitats Directive interest features: provisional data on the UK distribution and extent of Annex I habitats and the UK distribution and population size of Annex II species, Revised 2002, JNCC Report 312, 180 p. ISSN 0963 8091.
- JCPDS - ICDD (Joint Committee on Powder Diffraction Standards - International Centre for Diffraction Data (1993) - Mineral Powder Diffraction File. Databook: Sets 1-42. 782 p.
- JESUS, J.; LOURENÇO, I.; SILVA, A.P.; QUARESMA, A.; RODRIGUES, A.; CALADO, A.; NUNO, C.; HENRIQUES, C.; JESUS, C.; LEÃO, F.; GINJA, J.; VINGAD, J.; SIMÃO, M.; COUTINHO, M.; PANTALEÃO, N.; CARVALHO, N.C.; BETTENCOURT, P.; PINHO, R.; CRAVEIRO, S.; PATRÍCIO, V.; QUINTINO, V. (2010) - Estudo para a requalificação e valorização da Barrinha

- de Esmoriz (Relatório, Versão 2). Coordenação de Ecossistema. Polis Ria de Aveiro, 264 p. + 20 Anexos + 8 Peças desenhadas.
- JOECKEL, R.M.; ANG CLEMENT, B.J; VANFLEET BATES, L.R. (2005) - Sulfate-mineral crusts from pyrite weathering and acid rock drainage in the Dakota Formation and Graneros Shale, Jefferson County, Nebraska. *Chemical Geology* 215, pp.433-452.
- KAWACHITA, K. (1972) - O método Rb/Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as Bacias do Paraná e Amazonas. Unpublished PhD thesis. Instituto Geociências, Univ. São Paulo (Brasil), 111 p.
- KEITH, L.H.; CRUMMET, W.; DEEGAN, J.; LIBBY, R.A.; TAYLOR, J.K.; WENTLER, G. (1983) - Principles of Environmental Analysis. *Anal. Chem.*, 55, pp. 271-279.
- KEVIE, W.V. (1973) - Physiography, classification and mapping of acid sulphate soils. *Proceedings of International Symposium Acid Sulfate Soils (I)*, Wageningen. pp. 204-202.
- KIN, F. D.; PRUDÊNCIO, M.I.; GOUVEIA, M.A.; MAGNUSSON, E. (1999) - Determination of rare earth elements in geological samples: a comparative study of instrumental neutron activation analysis and inductively coupled plasma mass spectrometry. *Geostandards Newsletters*, Vol. 23, nº.1, pp. 47-58.
- KJERFVE, B. (1994) - Coastal Lagoons, Capítulo 1 *in* Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography Series, 60. Björn Kjerfve Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam. 577 p.
- KJERVE, B. & MAGILL, K.E. (1989) - Geographic and hydrographic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, 88, pp 187-199.
- KJERVE, B. (1986) - Comparative oceanography of coastal lagoons *in* Estuarine Variability. Wolfe, D.A. editor. Academic Press, New York, USA. 509 p.
- KLEIN, C. & HURLBUT, Jr. C.S. (1993) - Manual of Mineralogy, after J.D. Dana, 21ª ed. John Wiley & Sons, Inc. 681 p.
- KRAUSKOPF, K. B. & BIRD, D. K. (1995) - Introduction to geochemistry. Third edition. McGraw-Hill International editions, 647 p.
- KRISTENSEN, E. (1990) - Characterization of biogenic organic matter by stepwise thermogravimetry (STG). *Biogeochemistry*, 9, pp. 135-159.
- KUENEN, Ph.H. (1956) - Rolling by current, pt. 2 of Experimental abrasion of pebbles: *Journal Geology*, v.64, pp. 336-368.
- KUKLA, G.J.; BENDER, M.L.; DE BEAULIEU, J.L.; BOND, G.; BROECKER, W.S.; CLEVERINGA, P.; GAVIN, J.E.; HERBERT, T.D.; IMBRIE J.; JOUZEL, J.; KEIGWIN, L.D.; KNUDSEN, K.L.; MCMANUS, J.F.; MERKT, J.; MUHS, D.R.; MÜLLER, H.; POORE, R.Z.; PORTER, S.C. SERET, G.; SHACKLETON, N.J.; TURNER, C.; TZEDAKIS, P.C.; WINOGRAD, I.J. (2002) - Last Interglacial Climates. *Quaternary Research*, Volume 58, nº 1, pp. 2-13.
- L.N.E.C. (1967a) - Especificação E 203, Solos - Determinação do pH. Documentação normativa, Outubro de 1967, 2 p.
- L.N.E.C. (1967b) - Especificação E 201, Solos - Determinação do teor em matéria orgânica. Documentação normativa, Outubro de 1967, 3 p.
- LAMB, H.H. (1997) - Climate, history and the modern world. 2ª edição, Routledge. 433 p.
- LAMMERTS, E.J. (1992) - Hydrological conditions and soil buffering processes controlling the occurrence of dune slack species on the Dutch Wadden Sea islands. Coastal dunes, Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 265-272.
- LANGMUIR, D. (1997) - Aqueous environmental geochemistry. Prentice-Hall, 600 p.
- LEAL, A.M. (1986) - Culture of the European mussel, *Mytilus edulis* L., in Portugal - preliminary data. I Inter American Congress of Aquaculture, Brasil, 1p.



- LI, Y.H. (1982). A brief discussion on the mean oceanic residence time of elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46: pp. 2671-2675. doi: 10.1016/0016-7037(82)90386-6.LI (disponível na GERM Reservoir Database: <http://earthref.org/ERR/n:894,b:aabs0000894tab01/>).
- LNETI, relatório (1985a) - Caracterização ecológica e potencialidades de utilização da Lagoa de Albufeira (vol 1). Plano parcial de urbanização da área degradada da Lagoa de Albufeira. Coordenação científica de M. Constança Peneda, 343 p.
- LNETI, relatório (1985b) - Caracterização ecológica e potencialidades de utilização da Lagoa de Albufeira (vol 2). Plano parcial de urbanização da área degradada da Lagoa de Albufeira. Coordenação científica de M. Constança Peneda, 615 p.
- LOH, P. S.; MILLER, A. E. J.; REEVES, A. D.; HARVEY, S. M.; OVERNELL, J. (2008) - Assessing the biodegradability of terrestrially-derived organic matter in Scottish sea loch sediments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, pp. 11-823.
- LOPES, C.L. & DIAS, J.M. (2014) - Influence of mean sea level rise on tidal dynamics of the Ria de Aveiro lagoon, Portugal. *Journal of Coastal Research*, SI 70, 574-579.
- LOPES, V.; FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C. (2010) - 5000 anos de sedimentação na Lagoa de Santo André (SW alentejano) - resultados sedimentológicos. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 72-73.
- LOPEZ-BUENDA, A.M.; BASTIDA, J.; QUEROT, X.; WHATELEY, M.K.G. (1999) - Geochemical data as indicators of palaeosalinity in coastal organic-rich sediments. *Chemical Geology*, 157, pp. 235-254.
- LORING, D.H. (1988a) - Annex 3: Normalisation of heavy metal data. Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. C.M. 1988/E:25, Ref. Sess.S. Copenhagen, 86 p.
- LORING, D.H. (1988b) - Annex 4: Guidelines for normalization of trace metals in sediments. Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution. C.M. 1988/E:25, Ref. Sess.S. Copenhagen, 86 p.
- LORING, D.H. & RANTALA, R.T.T. (1992) - Manual For The Geochemical Analyses Of Marine Sediments And Suspended Particulate Matter. *Earth-Science Reviews*, nº 32, Elsevier Science Publishers, Amsterdão, pp. 235-283.
- LOWE, J.J. & WALKER, M.J.C (1999) - Reconstructing Quaternary Environments. Reimpressão. 2<sup>nd</sup> ed. Longman, 466 p.
- LUÍS, O. J. & CANCELA DA FONSECA, L. (1993) - Potencialidades do repovoamento artificial da Lagoa de Santo André com o camarão *Penaeus kerathurus*. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 79-82.
- MACDONALD, B.C.T.; SMITH, J.; KEENE, A.F.; TUNKS, M.; KINSELA, A. & WHITE, I. (2004) - Impacts of runoff from sulfuric soils on sediment chemistry in an estuarine lake. *Science of the Total Environment* 329, pp. 115-130.
- MACEDO, M.F.; DUARTE, P.; MENDES, P.; FERREIRA, G. (2001) - Annual variation of environmental variables, phytoplankton species composition and photosynthetic parameters in a coastal lagoon. *Journal of Plankton Research*, Volume 23, Nº 7, pp. 719-732.
- MACKENZIE, F. T.; VINK, S.; WOLLAST, R.; CHOU, L. (1995) - Comparative geochemistry of marine saline lakes, capítulo 9 In: *Physics and chemistry of lakes*, Second edition. Springer-Verlag, 334 p.
- MADEIRA, J. (1993) - Santo André no século XIX, O Homem e a Lagoa. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 45-64.
- MAGALHÃES, F. & CANCELA DA FONSECA, L. (1989) - Povoamentos bentónicos do sistema lagunar da Carrapateira. II - Caracterização estrutural. II Congresso de áreas protegidas, SNPRCN, LISBOA, pp. 605-615.
- MAGALHÃES, F.; CANCELA DA FONSECA, L.; BERNARDO, J.M.; COSTA, A.M.; MOITA, I.; FRANCO, J.E.; DUARTE, P. (1987) - Physical characterization of Odeceixe, Aljezur and Carrapateira lagunary systems (SW Portugal). *Limnetica*, 3(2), Asociación Española de Limnología, Madrid, pp. 211-218.

- MAGRI, D. & PARRA, I. (2002) - Late Quaternary western Mediterranean pollen records and African winds. *Earth and Planetary Science Letters* 200(3-4), pp. 401-408.
- MAHAPATRO, D.; PANIGRAHY, R.C.; PANDA, S. (2013) - Coastal Lagoon: Present Status and Future Challenges, *International Journal of Marine Science*, Vol.3, Nº.23, pp. 178-186.
- MALHADAS, M.S.; SILVA, A.; LEITÃO, P.C.; NEVES, R. (2009) - Effect of the bathymetric changes on the hydrodynamic and residence time in Óbidos lagoon (Portugal). *Journal of Coastal Research, ICS 2009 (Proceedings)*, SI 56, Portugal, pp. 549 - 553.
- MANUPPELLA, G. (1983) - O Dogger de Santiago do Cacém. *Comum. Serv. Geol. Portugal*, t. 69, fasc. 1. Lisboa, pp. 47-61.
- MANUPPELLA, G. (1993) - Estratigrafia (Mesozóico), capítulo IV, Notícia explicativa da folha nº 42-C - Santiago do Cacém, Carta Geológica de Portugal, escala: 1/50 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 75 p.
- MANUPPELLA, G & RAMALHO, M. (1984) - Mesozóico, estratigrafia (Sector de Santiago do Cacém), capítulo.3., Notícia explicativa da folha nº 7 - Oliveira, J. T. (coordenação), Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 77 p.
- MANUPPELLA, G. & MOREIRA, J. C. B. (1989) - Calcários e dolomitos da área de Melides - Santiago do Cacém. *Estudos, Notas e Trabalhos, D. G. G. M.*, t. 31. Lisboa, pp. 79-94.
- MARQUES, F. & ROMARIZ, C. (1989) - Evolução da Baía-Barreira de Alvor nos tempos históricos. *Geolis*, vol. III, Fasc. 1 e 2, pp. 154-163.
- MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; PONTEVEDRA-POMBAL, X.; GARCÍA-RODEJA, E.; NÓVOA-MUÑOZ, J.C.; SHOTYK, W. (1999) - Mercury in a Spanish Peat Bog: Archive of Climate Change and Atmospheric Metal Deposition. *Science*, VOL 284, pp. 939-942.
- MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; GARCÍA-RODEJA, E.; PONTEVEDRA POMBAL, X.; NÓVOA MUÑOZ, J.C.; WEISS, D.; CHEBURKINC, A. (2002) - Atmospheric Pb deposition in Spain during the last 4600 years recorded by two ombrotrophic peat bogs and implications for the use of peat as archive. *The Science of the Total Environment*, Elsevier, 292, pp. 33-44.
- MATEUS, J. (1985) - The coastal region near Carvalhal during the Holocene; some geomorphological aspects derived from palaeoecological study at Lagoa Travessa. *Actas I Reunião do Quaternário Ibérico*, vol. II, pp. 237-249.
- MATEUS, J.E. (1989) - Lagoa Travessa. A Holocene pollen diagram from the South-West coast of Portugal. *Revista de Biologia*. Lisboa, 14, pp. 17-94.
- MATEUS, J.E. (1992) - Holocene and present day ecosystems of the Carvalhal region, Southwest Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade de Utreque, 184p.
- MATIAS, A.M.A. (2006) - Overwash sedimentary dynamics in the Ria Formosa barrier islands. Dissertação apresentada à Universidade do Algarve para a obtenção do grau de Doutor em Ciências do Mar, 234 p.
- MATOS, J.M.X. (1991) - Contribuição para o estudo sedimentológico e morfológico da ambiente lagunar de Sto. André (Portugal). Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 161 p.
- MATOS, J.X.; PETERSEN, E.U.; CHÁVEZ, W.X. (2003) - Environmental Geochemistry Field Course - Iberian Pyrite Belt, Society of Economic Geologists Guidebook, 32pp.
- MATSCHULLAT, J.; OTTENSTEIN, R.; REIMANN, C. (2000) - Geochemical background - can we calculate it ?. *Environmental Geology*, 39(9), pp. 990-1000.
- McGRATH, S.P. (1997) - Chromium and Nickel in Heavy metals in soils. Ed. Alloway, B.J., Blackie academic & professional, Chapman & Hall, London, 368 p.
- McLENNAN, S. M., Bock, B, Hemming, R., Hurowitz, J.A. Lev, S.M., McDANIEL, D.K. (2003) - The roles of provenance and sedimentary processes in the geochemistry of sedimentary rocks. In *Geochemistry of sediments and sedimentary*

- considerations to Mineral deposit - forming environments. Lentz, D.R. (ed.), Geological Association of Canadá, Geotex 4, Canadá, 184 p.
- MENDES, M.C. (1999) - A laguna de Albufeira. Contribuição para o estudo da sua evolução durante o Holocénico. Tese de Mestrado em Geologia Económica e Aplicada da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 66 p.
- MEURISSE, M.; VAN VLIET-LANOË, B.; TALON, B.; RE COURT, P. (2005) - Complexes dunaires et tourbeux holocènes du litoral du nord de la France. C.R. geoscience, 337, pp. 675-684.
- MONTEIRO, J.H. (1984) - Geologia da área imersa, capítulo 7., Notícia explicativa da folha nº 7 - Oliveira, J. T. (coordenação), Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 77 p.
- MONTEIRO, M.T. (2001) - Estrutura da comunidade zooplancónica da Lagoa de Albufeira. Relat. Cient. Técn. Inst. Invest. Pescas Mar, nº. 75, 27 p.
- MOREIRA, M.E.S.A. (1985) - A evolução do litoral a partir da análise da rede hidrográfica: o exemplo da Ribeira da Comporta. Actas da I Reunião do Quaternário Ibérico, 1, pp. 297-309.
- MOREIRA, S.C. (2006) - Assinatura geoquímica de fontes sedimentares de estuários e lagunas do SW Alentejano - Lagoa de Santo André. Relatório de Estágio do CEPGAGeologia Aplicada e do Ambiente. Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa, 140 p. (não publicado).
- MOREIRA, M.E.S.A. & PSUTY, N.P. (1993) - Sedimentação Holocénica no Estuário do Sado: Nota preliminar. Actas da III Reunião do Quaternário Ibérico, Coimbra, pp. 289-295.
- MOREIRA, S.C.; FREITAS, M.C.P.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2008) - Geochemical Characterization of Holocene Sediments of Santo André Alluvial Plains (SW Portugal). Revista Electrónica de Ciências da Terra (Geosciences Electronic Journal of Iberian Geology, 34 (2), Volume 5 - nº 10, pp. 271-286. GEOTIC - Sociedade Geológica de Portugal [on-line]. Disponível em: e-Terra, <http://e-terra.geopor.pt>. ISSN 1645-0388.
- MOREIRA, S.C.; FREITAS, M.C.P.; ARAÚJO, M.F.; CRUCES, A. ANDRADE, C.; REGALA, R.; LOPES, V. (2010) - Paleoenvironmental evolution of Pederneira lagoon (Nazaré, Portugal) using sedimentological and geochemical proxies. Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 76-77.
- MORENO, J. & FATELA, F. (2005) - Paleoenvironmental evolution over the last 10 kyr BP at Caminha tidal marsh (NW of Portugal): foraminiferal evidences. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 94-96.
- MOURA, D.; ALBADEIRO, L.; VEIGA-PIRES, C.; BOSKI, T. (2005) - Evolução da linha de costa durante a transgressão holocénica: Baía de Armação de Pêra (sul de Portugal). Humedales de Iberoamérica - Experiências de estudo y gestión. CYTED XVII.C, Red Iberoamericana de humedales, L.F. Reyes & D.M. Moura eds., pp. 333-345.
- MURRAY, J. W. (1992) - The Oceans in Global Biogeochemical Cycles, S. S. Butcher, R. J. Charlson, G. H. Orians & G. V. Wolfe, eds., Academic Press, San Diego, pp. 176-211.
- NAUGHTON, F. (2002) - Evolução morfodinâmica do Estuário do Douro com base no registo polínico e sedimentológico. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 131 p.
- NAUGHTON, F. (2007) - As variações climáticas dos últimos 30 000 anos e sua influência na evolução dos sistemas costeiros do norte de Portugal. Cotutship between Bordeaux1 University (France) and Lisbon University (Portugal), Lisbon, 303 p.
- NAUGHTON, F.; DRAGO, T.ROCHA, F.; SÁNCHEZ GOÑI (2002) - Holocene environmental changes in Douro Estuary (NW Portugal). Actas da Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica, Valencia, 5 p.
- NEMUS/CONSULMAR/HIDROMOD (2005) - Estudo Integrado da Lagoa de Melides. Relatório 4 - Propostas. Lisboa, 104 p.

- NICHOLS, M.N. & BOON, J.D. (1994) - Sediment transport processes in coastal lagoons, Capítulo 7 in *Coastal Lagoon Processes*. Björn Kjerfve Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam. 577 p.
- NOGUEIRA, M.C.; CABEÇADAS, G.; BROGUEIRA, M.J. (1996) - Resposta em termos ambientais da Lagoa de Albufeira a situações de isolamento e de comunicação com o mar. *Bol. Inst. Port. Marít.*, Lisboa, 2, pp. 49-54.
- NOIVO, L. & BERNARDES, C.A. (1998) - As dunas de Quiaios/Tocha - sua morfologia e evolução. *EUROCOAST - Dunas da zona costeira de Portugal*, pp. 91-104.
- NUNES, I.C.L.F. (2015) - Contribuição natural e antrópica para a sedimentogénese da Ribeira de Moinhos, SW Alentejano. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia do Ambiente, na especialidade de Riscos Geológicos e Ordenamento do território, F.C.U.L, Lisboa. 137 p.
- OHNESORGE, F.K. & WILHELM, M. (1991) - Zinc in Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weinheim. pp. 1309-1341.
- OLIVEIRA, J.T. (1984) - Paleozóico, estratigrafia, capítulo 2., Notícia explicativa da folha nº 7 - Oliveira, J. T. (coordenação), Carta Geológica de Portugal, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 77 p.
- OLIVEIRA, M.R.L & SAMPAYO, M.A.M. (1996) - First occurrence and behaviour of *Oxyphysis oxytoxoides* Kofoed in the Albufeira lagoon (Portugal). *Bol. Inst. Port. Marít.* Lisboa, 2, pp. 41-47.
- OSPAR (1998) - OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material. OSPAR CONVENTION FOR THE PROTECTION OF THE MARINE ENVIRONMENT OF THE NORTH-EAST ATLANTIC. Ministerial Meeting of the OSPAR Commission Summary Record OSPAR 98/14/1-E, Annex 43. 32 p.
- PALMA, L. (1993) - Lagoa de Santo André. Área ornitológica de primeira importância. Encontro sobre a Lagoa de Santo André, Associação Cultural de Santiago do Cacém. Santiago do Cacém. pp. 65-73.
- PARKHURST, D.L. & APPELO, C.A.J. (1999) - Manual de utilização do PHREEQC (version 2) - A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-Resources Investigations Report 99-4259. US. Geological Survey, Denver, Colorado.
- PARKPIAN, P.; RANAMUKHAARACHCHI, S.L.; HANSEN, G.K.; MESKUNTAVON, W. & JUGSUJINDA, A. (2003) - Benefits and risks of using a combination of sewage sludge and chemical fertilizer on rice in acid sulfate soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65, pp. 173-182.
- PEJRUP, M. (1988) - The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. P.L. de Boer et al. (eds.), *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*, pp. 289-300.
- PELTIER, W.R. (1998) - Postglacial variations in the level of the sea: Implications for climate dynamics and solid-Earth geophysics. *Reviews of Geophysics*, Vol. 36, nº. 4, pp. 603-689.
- PENEDA, M.C. & DIAS, J. (1986) - Some proposals for a coastal system management (The Lagoon of Albufeira case). *Thalassas*, 4, 1, pp. 37-42.
- PEREDA, F. & MARIAS, F. (2003) - Atlas del Rey Planeta. La "Descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos de Pedro Texeira (1624)", Nerea, 398 p.
- PEREIRA, A.R. & SOARES, A.M. (1994) - A estabilização Holocénica do nível do mar. Vestígios no litoral de Armação de Pera. 1º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Gaia, nº 9, pp. 91-93.
- PEREIRA, C.M.P.G.C. (2004). Dinâmica de Sistemas Sedimentares do Litoral Ocidental Português a sul do Cabo de Espichel. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Departamento de Geociências da Universidade de Évora. 359 p.
- PEREIRA, A.R.; DIAS, J.A.; LARANJEIRA, M.M. (1994) - Evolução holocénica da linha de costa na Baía de Lagos. Contribuições para a geomorfologia e dinâmicas litorais em Portugal, Linha de acção de Geografia física, Relatório nº 35, Centro de estudos geográficos, pp. 75-89.

- PEREIRA, M.L. & DUARTE, N.C. (1997) - Sistemas estuarinos, características e contaminação com metais. Indústria da água (controlo de qualidade), nº 25 (Outubro/Novembro/Dezembro), pp. 51-66.
- PERILLO, G.M.E. (1996) - Geomorphology and sedimentology of estuaries: an introduction, Capítulo 1 - *in* Developments in Sedimentology, 53, Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. G.M.E. Perillo editor. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 471 p.
- PETHICK, J. (1984). An introduction to coastal geomorphology. John Wiley & Sons, Inc., Nova Iorque, 260 p.
- PETTIJOHN, E. J. (1975) - Sedimentary rocks. Harper & Row Publishers, Third edition, 628 p.
- PFISTER, C.; LUTERBACHER, J.; SCHWARZ-ZANETTI, G.; WEGMANN, M. (1998) - Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750-1300). The Holocene, 8, pp. 535-552.
- PIEDEDE, M. (2004) - Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica da Lagoa de Santo André. Relatório de Estágio Profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente. Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa, 122 p (não publicado).
- PIEDEDE, M.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; CRUCES, A.; ANDRADE, C. (2004) - Caracterização Geoambiental da Lagoa de Santo André e seus afluentes; 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros. Livro de Resumos, p. 48-49.
- PIEDEDE, M.; CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ARAÚJO, M.F.; ANDRADE, C.; MUNHÁ, J. (2005) - Caracterização geoquímica dos sistemas fluvial e lagunar de Santo André (litoral SW alentejano). XIV Semana de Geoquímica, VIII Congresso de Geoquímica dos países de língua portuguesa, Livro de Actas, Volume 2, pp. 567-570.
- PIMENTEL, N.L. (1990) - Evolução Plio-Quaternária do Baixo-Alentejo Ocidental. Gaia, nº 2, Museu Nacional de História Natural. Lisboa, pp. 46-49.
- PIMENTEL, N. & AZEVEDO, T. M. (1989) - Evolução Plio-Quaternária da Serra de Grândola. Gaia, nº 1, Museu Nacional de História Natural. Lisboa, pp. 17-19.
- PINHO, P.; AUGUSTO, S.; BRANQUINHO, C.; BIO, A.; PEREIRA, M.J.; SOARES, A.; CATARINO, F. (2004) - Mapping lichen diversity as a first step for air quality assessment. Journal of Atmospheric Chemistry, Kluwer Academic Publishers. pp. 1-13.
- PINTO, O.A. (1995) - Lagoa de Santo André e da Sancha, Proposta de classificação como Reserva Natural. ICN, Lisboa, 58p + anexo fotográfico + mapas.
- PINTO, F.C.C.M. (1997) - Estudo da Dinâmica populacional, produção e ciclo reprodutor do poliqueta Nereis diversicolor (O. F. Müller, 1776) no canal de Mira, Ria de Aveiro. Tese de Mestrado, Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, 125 p.
- PINTO, C. & TEIXEIRA, S.B. (2002a) - Avaliação preliminar do balanço sedimentar Tardi-Holocénico do litoral da Baía de Armação de Pêra (Algarve - Portugal). PANGAEA 2002, III Jornadas Ibéricas de Jovens Geólogos. Universidade de Évora. Évora, pp. 87-94.
- PINTO, C. & TEIXEIRA, S.B. (2002b) - Morphodynamics of the sandy barrier of Salgados coastal lagoon. Armação de Pêra Bay (Algarve - Portugal). Litoral 2002 - EUROCOAST, pp. 403-409.
- PINTO, C.; GASPAR, P.; TEIXEIRA, S.B. (2001) - Influência marinha na qualidade da água de uma lagoa costeira eutrófica. PANGAEA 2001, II Jornadas Ibéricas de Jovens Geólogos. Universidade de Évora. Évora, pp. 93-99.
- PIRES, H. N. O. & PESSANHA, L. E. V. (1986) - Wave power climate of Portugal. Proc. IUTAM Symposium, Hydrodynamics of Ocean Wave-Energy Utilization, Lisboa-1985. Springer, pp. 157-167.
- PIRES, R.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; RAMOS, R.; FERREIRA, Ó; PACHECO, A.; NAHON, A.; ANTUNES, C.; FORTUNATO, A.B.; BERTIN, X.; OLIVEIRA, A.; TABORDA, R.; CRUCES, A.; SILVA, A. (2009) - Morfodinâmica de uma barra de maré efêmera (Lagoa de Santo André, SW Portugal). 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico - MIA09. Nuevas contribuciones al

- margem ibérico atlântico, Ed. G. Flor Rodriguez, J. Gallastegui, G. Flor blanco, J. Martín Llana, Volume de Actas, pp. 217-220.
- PIRES, R.; RAMOS, R.; FREITAS, M.C.; TABORDA, R.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; FERREIRA, Ó.; PACHECO, A. (2010) - Morfodinâmica da barra de maré efémera da Lagoa de Santo André (SW Portugal). Conferência COASTAL HOPE 2010 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution - PROCEEDINGS, Ed., M.C. Freitas, C. Andrade, Lisboa, pp. 84-85.
- PIRES, A.R. ; FREITAS, M.C. ; ANDRADE, A. ; TABORDA, R ; RAMOS, R ; PACHECO, P. ; FERREIRA, Ó ; BEZERRA, M. ; CRUCES, A. (2011) - Morphodynamics of an ephemeral tidal inlet during a life cycle (Santo André Lagoon, SW Portugal). Journal of Coastal Research, SI 64. ICS2011 (Proceedings).
- PLECHA, S.; PICADO, A.; LEITÃO, P. C.; DIAS, J. M.; VAZ, N. (2014) - Study of suspended sediment dynamics in a temperate coastal lagoon: Ria de Aveiro (Portugal). Journal of Coastal Research, SI 70, pp. 604-609.
- PLUMLEE, G.S.; SMITH, K.S.; MONTGOMERY, M.R.; FICKLIN, W.H.; MOSIER, E.L. (1999) - Geologic controls on the composition of natural waters and mine waters draining diverse mineral-deposit types. In: Filipek LH, Plumlee GS, editors. The environmental geochemistry of mineral deposits, part B: case studies and research topics, Society of Economic Geologists, vol. 6B. Rev. Econ. Geol., pp. 373-432.
- PORTER, S.C (1986) - Pattern and forcing of Northern Hemisphere glacier variations during the last millennium. Quaternary Research, 26. pp. 27-48.
- PÓVOAS, I. & BARRAL, M.F. (1992) - Métodos de análises de solos. Comunicações do Instituto de Investigação Científica e Tropical, Série de Ciências Agrárias, 10. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, Lisboa, 61 p.
- POWELL, B. & MARTENS (2005) - A review of acid sulfate soil impacts, actions and policies that impact on water quality in Great Barrier Reef catchments, including a case study on remediation at East Trinity. Marine Pollution Bulletin, 51. Elsevier. pp 149-164.
- PRATES, S. & GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (1983-85) - Contribuição para o conhecimento sedimentológico do Miocénico de Melides. I Congresso Nacional de Geologia, vol. XXIV, Sociedade Geológica de Portugal. Lisboa, pp. 259-262.
- PRATES, S. & ROMARIZ, C. (1989) - Caracterização e evolução da laguna de Esmoriz. Geolis, vol. III, Fasc. 1 e 2, Lisboa, pp. 231-237.
- PRATES, S.; ROMARIZ, C.; ROMARIZ, A. (1989) - A influência marinha e a poluição na laguna de Esmoriz. Geolis, vol. III, Fasc. 1 e 2, Lisboa, pp. 255-260.
- PREDAL, M. & COX, M.E. (2001) - Trace elements in acid in sediments and waters, Pimpama catchment, Southeast Queensland, Australia. Environmental Geology, 40 (6), pp. 755-768.
- PROMAN (Centro de Estudos e Projectos, Lda.); Carvalho, R. & Cruz, V. (1987) - Estudo dos problemas litorais e de medidas específicas a adoptar, Cova do Vapor-Cabo Espichel, Vol. 1 - Agentes naturais: ventos, marés, agitação marítima e correntes. Direcção Geral de Portos, Direcção dos Serviços de Estudos, Planeamento e Programação.
- PSUTY, N. P. & MOREIRA, M.E.S.A. (2000) - Holocene Sedimentation and Sea Level Rise in the Sado estuary, Portugal. Journal of Coastal research, 16, 1, pp. 125-138.
- PUURA, E. & NERETNIEKS, I. (2000) - Atmospheric oxidation of the pyritic waste rock in Maardu, Estónia, 2: an assessment of aluminosilicate buffering potential. Environmental Geology, 39 (6), Springer-Verlag, pp. 560-566.
- QUEIROZ, P. (1985) - Dados para a história da vegetação holocénica da região da Lagoa de Albufeira - sumário das conclusões do estudo paleoecológico da Estacada. Actas I Reunião do quaternário Ibérico, vol. II, pp. 251-259.
- QUEIROZ, P. (1989) - A preliminary palaeoecological study at Estacada (Lagoa de Albufeira). Revista de Biologia, 14, pp.3-16.

- QUEIROZ, P.F. (1999) - Ecologia Histórica da paisagem do noroeste alentejano. Tese de Doutoramento da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 300 p.
- QUEIROZ, P. & MATEUS, J. (1994) - Preliminary palynological investigation on the Holocene deposits of Lagoa de Albufeira and Lagoa de Melides, Alentejo (Portuga). *Revista de Biologia*, 15, pp. 15-27.
- QUEIROZ, P.F. & MATEUS, J.E. (2004) - Paleoeecologia litoral entre Lisboa e Sines do Tardiglaciário aos tempos de hoje. *Actas do Colóquio Evolução GeoHistórica do Litoral Português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*. Ed. Tavares, A.A., Tavares, M.J. & Cardoso, J.L. Universidade Aberta. pp. 257-304.
- QUELLE, O. (1953) - Portugiesische manuskriptatlanten, Band II. *Abhandlungen des Geographischen Instituts der Freien Universität Berlin*. Verlag von Dietrich Reimer in Berlin. 10 p.
- QUENTAL, L.; BRITO, M.G.; SOUSA, A.J.; ABREU, M.M.; BATISTA, M.J.; OLIVEIRA, V.; VAIRINHO, M.; TAVARES, T. (2003) - Utilização de imagens hiperespectrais na avaliação da contaminação mineira em S. Domingos, Faixa Piritosa, Alentejo. *Congresso de Geologia, Ciências da Terra (UNL), Lisboa. N.º. especial V, CD-ROM*, pp. M33-M36.
- QUEVAUVILLER, P. (1986) - Une relation paléorivage. Morphologie de la plateforme continentale. *Journal .Rech.Océan.*, 11(2), pp. 54-55.
- QUEVAUVILLER, P. & MOITA, I. (1986a) - Mise en evidence de deux generations de paleorivages sur la plateorme continentale nord alentejanaise a l'aide d'arguments morphologiques et sedimentologiques (resumo). *Maleo*, 2(13), p. 36.
- QUEVAUVILLER, P. & MOITA, I. (1986b) - Histoire Holocene d'un systeme transgressif: la plate-forme du Nord Alentejo (Portugal). *Bull. Inst. Geol. Bassin Aquitaine, Bordeaux*, n° 40, pp. 85-95.
- QUINTINO, V. & RODRIGUES, A. (1986) - Cartografia dos sedimentos superficiais da Lagoa de Albufeira. *Recursos Hídricos*, vol. 7, n° 1, pp. 87-100.
- QUINTINO, V.; RODRIGUES, A. M.; GENTIL, F.; PENEDA, M. C. (1987) - Macrozoobenthic community structure in the Lagoon of Albufeira, western coast of Portugal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*, 106, pp. 229-241.
- QUINTINO, V.; RODRIGUES, A. M. & GENTIL, F. (1989) - Assessment of macrozoobenthic communities in the lagoon of Obidos, western coast of Portugal. *Topics in marine biology* , 53 (2-3), pp. 645-654.
- RAMALHO, M.J.; CRUCES, A.; CACHÃO, M.; FREITAS, C. (em preparação) - O nanoplâncton calcário como traçador da influência marinha nos sedimentos de ambientes lagunares costeiros.
- RAMOS, R. (2005) - Caracterização geoambiental a mesoescala temporal da Lagoa de Santo André. Relatório de Estágio Profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente. Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa, 197p (não publicado).
- RAMOS, R. (2013) - Contribuição dos métodos geofísicos para o modelo evolutivo da região de Santo André desde o último máximo glaciário. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau em Geologia na especialidade de Geologia Económica e do Ambiente. Lisboa. 208 p.
- RAMOS, R.; CRUCES, A.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; ARAÚJO, M.F.; JOUANNEAU, J.M. (2005) - The last 200 years of sedimentation in Santo André lagoon (SW Portuguese coast) - results from sedimentological and geochemical proxies. *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 106-109.
- RAMOS, R.; SANTOS, F.; FREITAS, M. (2008) - Aplicação de TEM na definição de paleovales - Resultados preliminares da várzea da Cascalheira. *Proceedings of 6ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*, Tomar, pp. 496-498.
- RAMOS, R.; FREITAS, M.C.; SANTOS, F.; ANDRADE, C.; CRUCES, A. (2009) - Geometry of Pre-Holocene valleys using the transient electromagnetic method - The case of Santo André (SW Portugal). *6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico - MIA09. Nuevas contribuciones al margen ibérico atlántico*, Ed. G. Flor Rodriguez, J. Gallastegui, G. Flor blanco, J. Martín Llana, Volume de Actas, pp. 173-176.



- RANGEL, M. (1987) - Algumas observações hidrológicas na Lagoa de Melides. Actas do 2º Congresso sobre o Alentejo, I. pp. 217-223.
- REEDER, S.; TAYLOR, H.; SHAW, R.A.; DEMETRIADES, A. (2005) - Introduction to the chemistry and geochemistry of the elements in FOREGS Geochemical Atlas of Europe - Part 2, ed. W. De Vos & T. Tarvainen. Geological Survey of Finland. 435 p.
- REIMER, P. J.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J.W.; BLACKWELL, P.G.; BRONK RAMSEY, C.; BUCK, C. E.; BURR, G.S.; EDWARDS, R.L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P.M.; GUILDERSON, T. P.; HAJDAS, I.; HEATON, T.J.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KAISER, K.F.; KROMER, B.; McCORMAC, F.G.; MANNING, S.W.; REIMER, R.W.; RICHARDS, D.A.; SOUTHON, J.R.; TAALAMO, S.; TURNEY, C.S.M.; van der PLICHT, J.; WEYHENMEYER, C.E. (2009) - IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, 51(4), pp. 1111-1150.
- RIBEIRO, A.; ANTUNES, M. T.; FERREIRA, M.P.; ROCHA, R.B.; SOARES, A.F.; ZBYSZEWSKY, G.; MOITINHO DE ALMEIDA, F.; CARVALHO, D. & MONTEIRO, J.H. (1979) - Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 114 p.
- RIBEIRO, A.; MADEIRA, J.; BRUM, A.; FONSECA, P.; TEVES-COSTA, P. & MATIAS, L. (1993) - Relatório preliminar sobre risco sísmico na região de Sines, confidential report, Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia-ICAT, Lisboa.
- RIBEIRO, M.J.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; CRUCES, A.; ANDRADE, C. (2004) - O Nanoplâncton calcário como traçador da influência marinha nos sistemas lagunares de Melides e Santo André, 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros. Livro de Resumos, p. 12.
- RIBEIRO, M.J.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; CRUCES, A. (2005a) - Nannoliths as an important tool to macroscale (millennial) paleoenvironmental interpretation: the case of Melides and Santo André lagoons. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. p. 115.
- RIBEIRO, M.J.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; CRUCES, A. (2005b) - Nannoliths as an important tool to mesoscale (centennial) paleoenvironmental interpretation - Santo André lagoon. Preliminary data. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. p. 114.
- RIBEIRO, M.J.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; CRUCES, A. (2005c) - Nannoliths as a tracer of marine influence inside coastal lagoons: the cases of Melides and Santo André. Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. p. 113.
- RIJN, L.C.V. (1998) - Principles of coastal morphology. Aqua Publications, Netherlands. 651 p.
- ROBERTS, N. (2002) - The Holocene, an environments history. 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Publishers Inc. 316 p.
- ROCHA, L. & BARROS, P. (1999/2000) - Escavações de emergência no povoado da Praia do Forte Novo, Quarteira (Loulé). Al-Ulyã, nº 7, Loulé, pp. 19-25.
- RODIO (1973) - Sondagens Rodio - Lagoa de Santo André. Relatório efectuado para o Gabinete da Área de Sines.
- RODRIGUES, A.C.C. (2001) - Tectono-estratigrafia da plataforma continental setentrional portuguesa. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 244 p.
- RODRIGUES, A. & QUINTINO, V. (1985) - Estudo granulométrico e cartografia dos sedimentos superficiais da Lagoa de Óbidos (Portugal). Com. Sev. Geol. de Portugal, t. 71, fasc. 2, pp. 231-242.
- RODRIGUES, A. & DIAS, J.M.A. (1989) - Evolução pós-glaciária da Plataforma Continental a Norte do Cabo Mondego. An. Inst. Hidr. 10, pp. 39-50.
- RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F.; DIAS, J.; MATOS, M. (1990) - Faixa costeira a Norte do Porto: evolução pós-glaciária. Resumo, 1º Simpósio "Protecção e revalorização da faixa costeira do Minho ao Liz". Porto, pp. 140-154.

- RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F.; DIAS, J.M.A. (1991) - Evolution of the North Portuguese Coast in the last 18 000 years. *Quaternary International* 9, pp. 67-74.
- ROLLISON, H.R. (1993) - Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, Inc., New York, 352p.
- ROMARIZ, C. & GALOPIM DE CARVALHO, A.M. (1972) - Notas sobre rochas sedimentares portuguesas, XIV - O Miocénico de Santiago do Cacém. *Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências*, vol. 13, fasc. 1º. Lisboa, pp. 49-59.
- ROUX, G. LE & MARSHALL, W.A. (2011). Constructing recent peat accumulation chronologies. *International Mire Conservation Group and International Peat Society* 7, Article 08, pp. 1-14.
- RUDDIMAN, W.F. & MCINTYRE, A. (1981) - The North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, nº 35, pp. 145-214.
- RUDDIMAN, W.F. (2001) - Earth's climate, past and future. W. F. Freeman and Company, 465 p.
- RUSSO, A.; NUNES, C.; BIO, A. (2005a) - Air quality models resulting from multi-source emissions. *Geostatistics for Environmental Applications*. Renard, P. (ed.), Springer. pp. 185-196
- RUSSO, A.; NUNES, C.; BIO, A.; PEREIRA, M.J.; SOARES, A. (2005b) - Air quality assessment using stochastic simulation and neural networks. *Geostatistics Banff*. Leuangthong O. & Deutsch C.V. (eds.), Springer. pp. 797-807.
- S.M.N. - Serviço Meteorológico Nacional (1952) - O clima de Portugal, Baixo-Alentejo e Algarve. Fasc. VII. 51 p.
- SALDANHA, L. & COL. (1989) - Estudos-base de caracterização físico-química e biótica dos biotopos lagunares costeiros das lagoas de Santo André, Melides e Sancha. Relatório de síntese. Laboratório Marítimo da Guia, Faculdade de Ciências de Lisboa. Lisboa. 9 p.
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. (1984) - Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 349 p.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; EYNAUD, F.; TURON, J.L.; GENDREAU, S. (2000) - European climatic response to millennial-scale changes in the atmosphere-ocean system during the Last Glacial period. *QuatRes*, 54, PP. 394-403.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; CACHO, I.; TURON, J.-L.; GUIOT, J.; SIERRO, F.J.; PEYPOUQUET, J.-P.; GRIMALT, J.O.; SHACKLETON, N.J. (2002) - Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Climate Dynamics*, 19, PP. 95-105. DOI 10.1007/s00382-001-0212-x
- SANTOS, A. C. P. (1994) - Contribuição para o estudo morfosedimentar da Lagoa de Melides. Relatório de Estágio em Geologia Aplicada e do ambiente. Faculdade de Ciências de Lisboa. 66 p (não publicado).
- SANTOS, M.A. (1999) - A laguna de Melides. Contribuição para o estudo da sua evolução durante o Holocénico. Tese de Mestrado em Geologia Económica e Aplicada da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 72p.
- SANTOS, L. & SÁNCHEZ GOÑI, M.F. (2003) - Lateglacial and Holocene environmental changes in Portuguese coastal lagoons 3: vegetation history of the Santo André coastal area. *The Holocene*, nº 13, pp. 459-464.
- SCHALLER, K-H (1991) - Zirconium *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weinheim. 1438 p.
- SCHIELE, R. (1991) - Manganese *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weinheim. 1438 p.
- SCHNEIDER, H.; HOFFER, D.; TROG, C.; BUSCH, S.; SCHNEIDER, M.; BAADE, J.; DAUT, G.; MAUSBACHER, R. (2010) - Holocene estuary development in the Algarve Region (Southern Portugal) - A reconstruction of sedimentological and ecological evolution. *Quaternary International*, 221, pp.141-158.
- SHEPARD, F.P. (1954) - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentology and Petrology*, vol. 24, nº 3, pp. 151-158.

- SIEGEL, F.R. (2002) - Environmental geochemistry of potentially toxic metals. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 218 p.
- SILVA, J. A. H. (1981) - Exploração de areias e areões na da área de Sines. Relatório nº 9/81, vol I. Gabinete da Área de Sines, Laboratório de geotecnia e materiais de construção (D. S. L.), 14 p.
- SILVA, H. (1984) - Solos compressíveis da baixa de Sto. André (Área de Sines), geologia e caracterização mecânica. Rev. Geotecnia, nº 42, pp. 63-81.
- SILVA, M.C.R. (2003) - "Impacto Ambiental da Actividade Agrícola e Industrial na Várzea de Loures: Hidrosfera e Pedosfera." Lisboa, 2003, Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geoquímica. 338 p.
- SILVA, E.S.M.L.P. (2006) - Aspectos da Geologia e Ecologia da Lagoa de Albufeira. Aplicação ao Ensino. Tese de Mestrado em Ciências da Terra e da Vida para o Ensino. FCUL, 129 p + Anexos.
- SILVA, J. A. & FRAGA, R. (1980-81) - Sedimentos Plio-Plistocénicos da área da Sines. Caracterização geológica-geotécnica e implicações práticas no domínio das geociências aplicadas. Volume de homenagem ao professor doutor Carlos Teixeira, vol. XXII, Sociedade Geológica de Portugal. Lisboa, pp. 273-283.
- SILVA, A. P. & RODRIGUES CARVALHO, J. A. (1989) - Estudo geológico para a expansão do areeiro de Monte Velho. Vol I e II. CEGSA.
- SILVA, A.; REMÉDIO, A.; RAMOS, R.; MIRANDA, T. (2004a) - Evolução da sedimentação holocénica da planície aluvial da ribeira da cascalheira - Lagoa de Santo André. Relatório da Disciplina de Projecto, 4º ano da Licenciatura em Geologia Aplicada e do Ambiente, 73 p (não publicado).
- SILVA, A.; REMÉDIO, A.; RAMOS, R.; MIRANDA, T.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; CRUCES, A.; FERREIRA, T.; PIEDADE, M. (2004b) - Sedimentação holocénica da planície aluvial da Cerradinha (Lagoa de Santo André), 1º Seminário sobre Sistemas Lagunares Costeiros. Livro de Resumos, pp. 40-41.
- SIMPLÍCIO, M.C. & BARROS, P. (1999/2000) - "Quarteira submersa": resultados da campanha de 1998. Al-Ulyã, nº 7, Loulé, pp. 55-76.
- SKOOG, D.A, LEARY, J.R. (1992) - Principals of instrumental analysis. Souders College Publishing. 4ª edition, EUA. 700p.
- SMITH, J.; OPLoo, P.; VAN MARSTON, H.; MELVILLE, M.D.; MACDONALD, B.C.T. (2003) - Spatial distribution and management of total actual acidity in an acid sulfate soil environment, McLeods Creek, northeastern NSW, Australia. Catena 51, pp. 61-79.
- SOARES, C.M.C.M. (1997) - Lixeiros: Impacto dos lixiviados na qualidade das águas e do solo (caso da lixeira de Viana do Castelo). Tese de mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, Lisboa. 99 p.
- SOARES de CARVALHO; GRANJA, H.M.; LOUREIRO, E.; HENRIQUES (2006) - Late Pleistocene and Holocene environmental changes in the coastal zone of northwestern Portugal. Journal of Quaternary Science, 21, pp. 859-877.
- SOUSA REIS, C.; GUERREIRO, J.; MONTEIRO, A.; CASTRO, J.; DUARTE, P.; RAIMUNDO, L.; SANTOS, A. (1985) - Contribuição para o estudo da Bionomia Bentónica da "Ria" Formosa (zona da Ilha de Tavira) - I. Dados preliminares. Text et Res. Sémin. "Systèmes Lagunaires - Ria Formosa". Institut Franco-Portugais. Lisboa.
- SOARES, A.M.; BARROS, P.; QUEIROZ, P.; DIAS, J.M.A.; ROCHA, L.; LEEWAARDEN, W.V. (2003) - Lagoonar deposits eastward of Quarteira (Algarve) - preliminary results. Thalassas, nº 19 (2b), Vigo, pp. 180-183.
- SPRUNG, M. (1994) - Macrobenthic sedendary production in the intertidal zone of the Ria Formosa - a lagoon in southern Portugal. Estuar Coast Shelf Sci, 38, pp. 539-558.
- STÄLNACKE, P.; LILLEBØ, A.I.; GOOCH, G.D. (2015) - Capítulo 21-Management of coastal lagoons - lessons learnt and recommendations in Coastal lagoons in Europe, integrated water resources strategis. Watwer resources series ed. STÄLNACKE, P.; LILLEBØ, A.I.; GOOCH, G.D. IDWA publishing. London, 256 p.

- STAUFFER, B.; BLUNIER, T.; DÄLLENBACH, A.; INDERMÜHLE, A.; SCHWANDER, J.; STOCKER, T.F.; TSCHUMI, J.; CHAPPELLAZ, J.; RAYNAUD, R.; HAMMER, C.U.; CLAUSEN, H.B. (1998) - Atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and millennial-scale climate change during the last glacial period. *Nature*, vol.392, pp. 59-62.
- STUIVER, M. & REIMER, P.J. (1993) - Radiocarbon, 35, pp. 215-230.
- STUIVER, M. ; LONG, A.; KRA, R.S. ; DEVINE, J.M. (1993) - Calibration - 1993. *Radiocarbon* 35.
- SUDERMAN, F.W. & OSKARSSON, A. (1991) - Nickel *in* Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. Ed. Ernest Merian. VCH Weiheim. 1438 p.
- SUGUIO, K. (1982) - Rochas sedimentares. Editora Edgard Blücher, Ltda, São Paulo. 500 p.
- SUTHERLAND, R.A. (1998) - Loss-on-ignition estimates of organic matter and relationships to organic carbon in fluvial bed sediments. *Hydrobiologia*, 389, pp. 153-167.
- SYKORA, K.V.; VAN DER BOGERT, J.C.J.M.; BERENDSE, F. (2004) - Changes in soil and vegetation during dune slack succession. *Journal of Vegetation Science*, 15, IAVS, Opulus Press Uppsala, pp. 209-218.
- TABORDA, R & DIAS, J.A (1989) - Recent sea level rise in Portugal (based on tide-gauge data. *Revista Gaia*, nº 1, pp. 11-12 e 27.
- TALMA, A.S. & VOGEL, J.C. (1993) - A simplified approach to calibrating C14 dates. *Radiocarbon* 35, pp. 317-322.
- TAVARES, M.J.F. (2004) - Sinais dos tempos: Para o estudo do clima e do litoral português (séculos XII a XVI). *Actas do Colóquio Evolução GeoHistórica do Litoral Português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*. Ed. Tavares, A.A., Tavares, M.J. & Cardoso, J.L. Universidade Aberta. pp. 451-515.
- TEIXEIRA, S.B. (1994) - Dinâmica morfossedimentar da Ria de Aveiro (Portugal). *Disertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia do Ambiente*. Lisboa. 396 p.
- TEIXEIRA, S.B. (1998) - Identificação e caracterização de arribas Holocénicas submersas ao largo do Algarve (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 84(1), pp. 35-38.
- TEIXEIRA, S.B. (1999) - Contribuição para o conhecimento da evolução do litoral entre os Olhos de Água e Ancão: prospecção de ruínas submersas ao largo de Quarteira (Algarve - Portugal). *Direcção Regional do Ambiente do Algarve*, 34 p. (relatório não publicado).
- TEIXEIRA, S.B. (1999/2000) - Contribuição para o conhecimento da evolução do litoral de Quarteira (Algarve - Portugal) nos últimos 8000 anos. *Al-Ulyã*, nº 7, Loulé, pp. 27-53
- TEIXEIRA, S.B. (2004) - Evolução do litoral de Quarteira (Portugal). *Actas do Seminário de Valorização Turística do Património Arqueológico Submerso de Quarteira*, pp. 22-57.
- TEIXEIRA, S.B. (2005) - Evolução Holocénica do litoral em regime transgressivo: o caso da costa de Quarteira (Algarve, Portugal). *Proceedings da Conferência Coastal Hope 2005 - Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. pp. 121-124.
- TEIXEIRA DUARTE (1973a) - Rodovia R. 41 - Reconhecimento Geotécnico. Relatório nº1907 efectuado para o GAS. Lisboa, 5 p. + Anexos.
- TEIXEIRA DUARTE (1973b) - Centro urbano, Areal, Casa dos Pescadores, Ribeira de Moinhos, Farol e Zonas dispersas - Reconhecimento Geotécnico". Relatório nº1937 para o GAS. Lisboa, 4p + Anexos.
- TEIXEIRA, J.A.G. & MARQUES, M.J.G. (1979) - Prospecção de areias na zona dunar do Monte Velho junto à Lagoa de Santo André. Relatório nº 20/79 efectuado para o Gabinete da Área de Sines. Santo André, Laboratório de Geotécnica e Materiais e Construção (D. S. L.), 3 p. + Anexos.
- TEIXEIRA, C. & GONÇALVES, F. (1980) - Introdução à Geologia de Portugal. Instituto Nacional de Investigação Científica. Lisboa, 475 p.

- TEIXEIRA, S.B. & PINTO, C.A. (2002) - Submarine evidences of Holocene shoreline migration on Quarteira Coast (Southern Algarve - Portugal). *Lottoral 2002, The Changing Coast, Eurocoast/EUCC*, Porto, Portugal, Ed. EUROCOAST - Portugal, Vol. III, pp. 411-416.
- TEIXEIRA, S.B., GASPAS, B.; ROSA, M. (2005) - Holocene sea-level index points on the Quarteira coast (Algarve - Portugal). *Coastal Hope - Iberian Coastal Holocene paleoenvironmental Evolution*, Lisboa. *Proceedings*, pp. 125-127.
- THOREZ, J. (1976) - Practical identification of clay minerals: a handbook for teachers and students in clay mineralogy. Editions G. Lelotte, Belgique, 449 p.
- TURETSKY, M.R.; MANNING, S.W.; WIEDER, R.K. (2004) - Dating recent peat deposits. *WETLANDS*, Vol. 24, No. 2, pp. 324-356.
- VALE, C. (1998) - Poluição do meio marinho. *Comissariado da Exposição Mundial de Lisboa de 1998 ed. Sociedade Tipográfica (SOCTIP)*, Lisboa, 50 p.
- VAN LEEUWAARDEN, W. (2000) - The long coastal Holocene profile of the Ribeira de Moinhos (Sines - Portugal) *in* Rapid environmental change in the Mediterranean Region - The contribution of the high resolution lacustrine records from the last 80 millennia, MATEUS, J.E. & QUEIROZ, P.F. eds., IPA, Lisboa, pp. 30-31.
- VANNEY, J.R. & MOUGENOT, D. (1981) - La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: analyse geomorphologique. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, nº 28. Direcção Geral de Geologia e Minas. Lisboa, 86 p.
- VARENNE, A. (2003) - "Produtividade dos solos e ambiente.", Escolar Editora. 490 p.
- VIS, G.-J. (2009) - Fluvial and marine sedimentation at a passive continental margin: the late Quaternary Tagus depositional system. PhD thesis. ISBN 97890 8659 388 0. Faculty of Earth and Life Sciences, University of Amsterdam, 231 p.
- VOGEL, J.C.; FULS, A.; VISSER, E.; BECKER, B. (1993) - Pretoria Calibration Curve for Short Lived Samples. *Radiocarbon* 35, pp. 73-86.
- WETZEL, R.H. (1993) - *Limnologia* (tradução de Maria José Boavida). Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p.
- WIENEKE, F. (1971) - Kurzfristige Umgestaltungen an der Alentejoküste nördlich Sines am Beispiel der Lagoa de Melides, Portugal (Schwallbettinger Transport an der Küste). *Münchener Geographische Abhandlungen*, Geographisches Institut der Universität München, Band 3.
- WILSON, J.G. (1994) - The role of bioindicators in estuarine management. *Estuaries*, vol. 17, nº. 1A, pp.94-101.
- ZBYSZEWSKI, G. (1984) - Cenozóico, capítulo 4., Notícia explicativa da folha nº 7 - Oliveira, J. T. (coordenação), *Carta Geológica de Portugal*, escala: 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 77 p.

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE TRANSIÇÃO DO SW  
ALENTEJANO A DISTINTAS ESCALAS TEMPORAIS**

**ANEXOS**

**ANABELA GONÇALVES CRUCES**

Doutoramento em Geologia

Especialidade Geologia Económica e do Ambiente

2015





UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE TRANSIÇÃO DO SW  
ALENTEJANO A DISTINTAS ESCALAS TEMPORAIS**

**ANEXOS**

**ANABELA GONÇALVES CRUCES**

Tese orientada pela Prof.<sup>ª</sup> Doutora Maria da Conceição de Pombo Freitas e  
pelo Prof. Doutor José Manuel Urbano Munhá,  
especialmente elaborada para a obtenção do grau de doutor em Geologia na  
especialidade de Geologia Económica e do Ambiente.

2015





*À minha família que permanentemente acreditou no nascimento desta "segunda filha". Principalmente à minha mãe fonte inesgotável de amor e energia e à minha verdadeira e amada filha Ana que muitas horas deste amor partilhou comigo (já na barriga partilhava o meu amor pelas lagoas alentejanas). Para ti filha mais do que palavras são imagens, cores, sons, momentos, aromas, que partilhámos destes ambientes.*



*A todos os que tornaram este momento possível ...*





*“... Nesta caravela me embarquei eu, e ela partiu logo. E ao outro dia pela manhã, estando nós cerca de Sesimbra, nos acometeu um corsário francês e, abalroando connosco, nos lançou dentro quinze ou vinte homens, os quais, sem resistência nem contradição dos nossos, se assenhoraram do navio e depois que o despojaram de tudo quanto acharam nele, que valia mais de seis mil cruzados, o meteram no fundo. E a dezassete que escapámos com vida, atados de pés e de mãos nos meteram no seu navio, com fundamento de nos levarem a vender a Larache, para onde se diziam que iam carregados de armas que os mouros levavam para negociar.*

*E trazendo-nos com esta determinação mais treze dias, banqueteados cada hora de muitos açoites, quis sua boa fortuna que no cabo deles, ao pôr do Sol, avistaram uma vela e seguindo-a aquela noite orientados pela sua esteira, como velhos oficiais práticos naquela arte, chegaram a ela antes do render do quarto da modorra, e dando-lhes três descargas de artilharia a abalroaram muito esforçadamente. E ainda que na defesa tivesse sido posta por parte dos nossos alguma resistência, nem isso bastou para que os inimigos deixassem de tomá-la, com morte de seis portugueses e dez ou doze escravos.*

*Era esta navio uma formosa nau de um mercador de Vila do Conde que se chamava Silvestre Godinho, que os outros mercadores de Lisboa traziam fretada de S. Tomé com muito açúcar e escravos, a qual os pobres roubados, que lamentavam a sua desventura, avaliavam em quarenta mil cruzados. Assim que estes corsários se viram com presa tão rica, mudando o propósito que antes traziam, fizeram-se de volta a França e levaram consigo alguns dos nossos para serviço da marcação da nau que tinham tomada. E aos outros mandaram uma noite lançar na **praia de Melides**, nus e descalços, e alguns com muitas chagas dos açoites que tinham levado, os quais desta maneira foram ao outro dia ter a Santiago de Cacém, onde todos foram muito bem providos do necessário pela gente da terra, e principalmente por uma senhora que aí estava, de nome D. Brites, filha do conde de Vilanova e mulher de Alonso Perez Pantoja, comendador e alcaide-mor da mesma vila.”*





© A. Cruces - 11/5/2007

Vista para SE da "charca" do Poço do Barabroxa de Baixo após o Inverno pluvioso. Ao fundo pequena embarcação utilizada durante uma campanha de monitorização das características físico-químicas do hidrossoma.



## ÍNDICE

### VOLUME DE ANEXOS

ÍNDICE.....	A-1
ANEXOS.....	A-5
<b>Anexo I - Parâmetros físico-químicos .....</b>	<b>A-7</b>
A.I.1 - CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS HÍDRICOS.....	A-13
A.I.1.1 INTRODUÇÃO .....	A-9
A.I.1.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	A-9
A.I.1.2.1 Salinidade e Condutividade .....	A-9
A.I.1.2.2 Oxigénio Dissolvido .....	A-13
A.I.1.2.3 pH e Eh .....	A-15
A.I.1.2.4 Temperatura .....	A-18
A.I.1.2.5 Turbidez .....	A-19
A.I.2 - LAGOA DE MELIDES - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
A.I.2.1 - TABELAS DE VALORES .....	A-20
A.I.3 - POÇOS DO BARBAROXA DE BAIXO, DO MEIO E DE CIMA - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
A.I.3.1 TABELAS DE VALORES.....	A-23
A.I.4 - LAGOA DA SANCHÁ - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
A.I.4.1 TABELAS DE VALORES.....	A-25
<b>Anexo II Resultados de Sedimentologia.....</b>	<b>A-31</b>
A.II.1 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS.....	A-31
A.II.1.1 ORIGEM DOS SEDIMENTOS.....	A-31
A.II.1.1.1 Introdução.....	A-31
A.II.1.2 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS .....	A-31
A.II.1.2.1 pH.....	A-36
A.II.1.2.2 Carbonatos.....	A-37
A.II.1.2.3 Matéria orgânica.....	A-37
A.II.1.2.4 Textura.....	A-38
A.II.2 LAGOA DE MELIDES.....	A-40
A.II.2.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS.....	A-44
A.II.2.2 SONDAGENS “CURTAS”.....	A-44
A.II.2.3 SONDAGENS “LONGAS”.....	A-46
A.II.3 - POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO.....	A-50
A.II.3.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DE BAIXO - BB” .....	A-59
A.II.4 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO.....	A-59
A.II.4.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DO MEIO - BM”.....	A-61
A.II.5 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA.....	A-61
A.II.5.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DE CIMA - BC” .....	A-63
A.II.6 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-63
A.II.6.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS .....	A-65
A.II.6.2 SONDAGENS “LONGAS - LS”.....	A-65
.	A-67
<b>Anexo III Resultados de Geoquímica .....</b>	<b>A-71</b>
A.III.1 - GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS.....	A-73
A.III.1.1 INTRODUÇÃO.....	A-73
A.III.1.2 DEFINIÇÃO DE ELEMENTO MAIOR, MENOR, TRAÇO E METAIS PESADOS.....	A-75
A.III.1.3 NORMALIZAÇÕES.....	A-78
A.III.1.3.1 Normalizadores (Co-Factores).....	A-81
A.III.1.3.2 Limitações da normalização.....	A-82
A.III.1.3.3 Correção de Quatzo e Carbonatos .....	A-82
A.III.1.4 CONCENTRAÇÕES NATURAIS VERSUS CONTAMINAÇÃO/POLUIÇÃO (DEFINIÇÃO DE VALORES DE FUNDO - “BACKGROUND VALUES”).....	A-83
A.III.1.4.1 Introdução.....	A-83
A.III.1.4.2 Factores de enriquecimento.....	A-85
A.III.1.4.3 Critérios de qualidade para sedimentos.....	



A.III.1.5 - ORIGEM DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	A-86
A.III.1.5.1 Introdução.....	A-89
A.III.1.5.2 Elementos maiores, menores e vestigiais (traço).....	A-89
A) Alumínio (Al).....	A-90
B) Cálcio (Ca).....	A-90
C) Chumbo (Pb).....	A-92
D) Cobre (Cu).....	A-93
E) Crómio (Cr).....	A-95
F) Enxôfre (S) e Halogenetos (Cl, Br, I).....	A-98
G) Estrôncio (Sr).....	A-101
H) Ferro (Fe).....	A-107
I) Itrio (Y).....	A-109
J) Potássio (K).....	A-111
K) Magnésio (Mg).....	A-112
L) Manganês (Mn).....	A-113
M) Nióbio (Nb).....	A-114
N) Níquel (Ni).....	A-116
O) Silício (Si).....	A-118
P) Rubídio (Rb).....	A-120
Q) Titânio (Ti).....	A-121
R) Zinco (Zn).....	A-123
S) Zircónio (Zr).....	A-124
A.III.2 LAGOA DE MELIDES.....	A-127
A.III.2.1 - SUPERFICIAIS.....	A-129
A.III.2.2 - SONDAGENS “CURTAS”.....	A-129
A.III.2.3 - SONDAGENS “LONGAS”.....	A-129
A.III.3 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-130
A.III.3.1 SUPERFICIAIS.....	A-135
A.III.3.2 SONDAGENS “LONGAS”.....	A-135
<b>Anexo IV Log's de Sondagens.....</b>	<b>A-137</b>
A.IV.1 LAGOA DE MELIDES.....	<b>A-137</b>
A.IV.1.1 SONDAGEM MB.....	A-139
A.IV.1.1.1 LOG simplificado.....	A-139
A.IV.1.1.2 LOG com descrição macroscópica .....	A-141
A.IV.1.2 SONDAGEM MIGM.....	A-143
A.IV.1.2.1 LOG simplificado.....	A-155
A.IV.1.2.2 LOG com descrição macroscópica.....	A-155
A.IV.2 POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO.....	A-157
A.IV.2.1 SONDAGENS BB.....	A-169
A.IV.2.1.1 LOG's com descrição macroscópica .....	A-171
A.IV.2.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BB.....	A-171
A.IV.3 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO.....	A-184
A.IV.3.1 SONDAGENS BM.....	A-187
A.IV.3.1.1 LOG's com descrição macroscópica.....	A-189
A.IV.3.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BM.....	A-189
A.IV.4 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA.....	A-197
A.IV.4.1 SONDAGENS BC.....	A-201
A.IV.4.1.1 LOG's com descrição macroscópica.....	A-201
A.IV.4.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BC.....	A-205
A.IV.5 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-209
A.IV.5.1 SONDAGENS LS.....	A-211
A.IV.5.1.1 LOG's com descrição macroscópica.....	A-213
A.IV.5.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens LS.....	A-213
A.IV.6 OUTRAS SONDAGENS NA REGIÃO.....	

---

A.IV.6.1 VÁRIAS SONDAGENS.....	A-223
A.IV.6.1.1 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens.....	A-227 A-227
<b>Anexo V - Álbum Fotográfico.....</b>	<b>A-229</b>
A.V.1 METODOLOGIA.....	
A.V.2 LAGOA DE MELIDES.....	<b>A-235</b>
A.V.2.1 MICROESCALA.....	A-237
A.V.2.2 MACROESCALA .....	A-240
A.V.3 POÇOS DO BARBAROXA.....	A-240
A.V.3.1 MICROESCALA.....	A-249
A.V.3.2 MACROESCALA.....	A-261
A.V.4 LAGOA DA SANCHÁ.....	A-264
A.V.4.1 MICROESCALA.....	A-268
A.V.4.2 MACROESCALA.....	A-282 A-282 A-313



## ANEXOS

---





## Anexo I Parâmetros físico-químicos



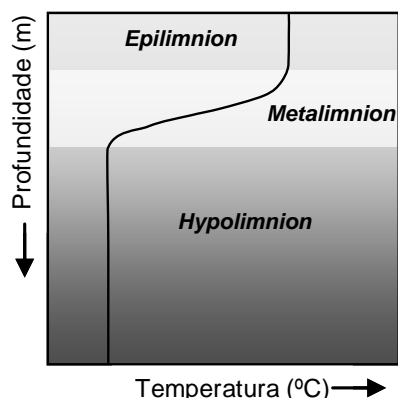


## A.I.1 CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS HÍDRICOS

### A.I.1.1 - INTRODUÇÃO

O corpo aquoso ou massa de água lagunar apresenta características físico-químicas controladas pela introdução de água doce no sistema, por precipitação directa ou por entrada através das linhas de água e pelas trocas estabelecidas com o oceano através da barra de maré ou ainda, pela entrada de água salina por galgamento da barreira arenosa. Note-se que os agentes meteorológicos, nomeadamente a temperatura e a precipitação, têm características marcadamente sazonais influenciando os parâmetros hidrológicos durante o ciclo anual do sistema lagunar.

Ao contrário dos anteriores, que induzem a estratificação da massa hídrica, os ventos ao actuarem sobre a superfície aquosa promovem a mistura da coluna de água inibindo, em sistemas pouco profundos, a estratificação vertical. No entanto, MACKENZIE *et al.* (1995) salientam que a maior parte das lagunas costeiras com profundidades superiores a 2 m encontram-se estratificadas durante a maior parte do ano. Nestes casos, o desenvolvimento de uma estratificação térmica e salina origina uma zona superficial menos densa denominada de *Epilimnion* e um nível inferior mais denso constituindo o *Hypolimnion* separados por uma zona intermédia de transição - *Metalimnion* - onde se registam modificações bruscas dos parâmetros físico-químicos (ANDREWS *et al.*, 1972, MaACKENZIE *et al.*, 1995, WETZEL, 1993) (*Figura A.I.1-1*).



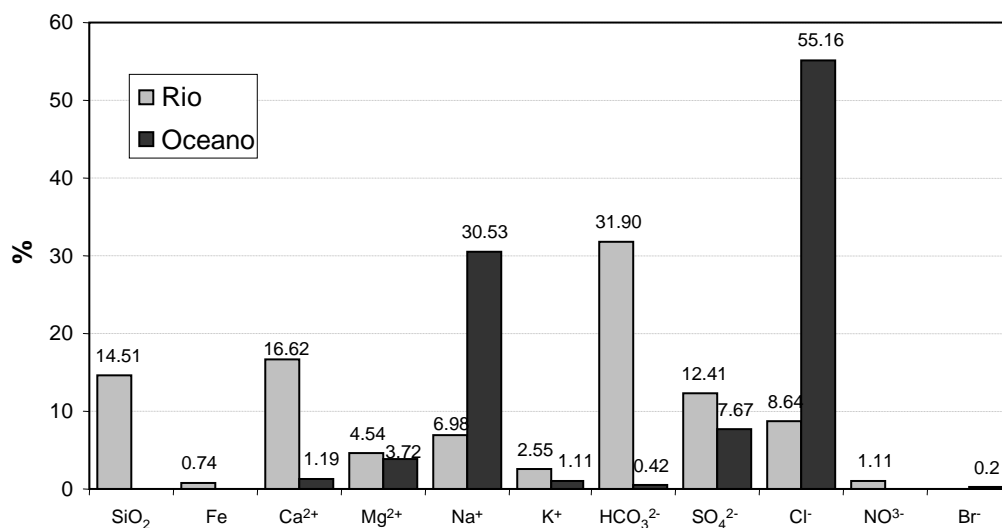
*Figura A.I.1-1 - Exemplo de um perfil típico da distribuição da temperatura em profundidade em situação de Verão com os diferentes estratos bem definidos.*

### A.I.1.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### A.I.1.2.1 Salinidade e condutividade

Toda a água, mesmo a água da chuva, contém sais dissolvidos e dependendo da evolução que a água sofre ao longo do ciclo hidrológico pode apresentar concentrações muito variadas. O processo de evaporação promove a vaporização de água quase pura [ref<sup>a</sup> net-1] conduzindo ao enriquecimento de sais nas águas residuais. Após condensação, as águas da chuva, ao cair sobre os continentes, vão entrar em contacto com a litosfera produzindo meteorização das rochas, incorporando substâncias dissolvidas modificando-se, consequentemente, a composição da água e das rochas meteorizadas. As substâncias em solução são transportadas (erosão), nos continentes, pelos rios até aos oceanos que se tornaram ao longo dos milhares de anos mais salgados. Seria de prever que tendo como fonte principal as águas provenientes dos continentes, as águas dos oceanos

seriam uma versão concentrada dos rios e que as razões entre os principais constituintes dissolvidos fossem aproximadamente semelhantes. No entanto, tal não se verifica (**Figura A.I.1-2**) e a actividade biológica pode explicar, em parte, esta discrepância. Da totalidade das substâncias dissolvidas transportadas pelos rios o Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e o Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{2-}$ ) constituem cerca de 50%, enquanto nos oceanos são inferiores a 2% (**Figura A.I.1-2**). Estas espécies iónicas são aproveitadas por grande diversidade de organismos para construção das suas conchas ou carapaças, empobrecendo a sua concentração nas águas marinhas. A sílica, abundante nas águas fluviais reduz drasticamente nas oceânicas, pois é rapidamente aproveitada por organismos planctónicos (diatomáceas e radiolários) para a construção dos seus esqueletos e carapaças. Processos como troca catónica, precipitação de carbonatos, redução de  $\text{SO}_4^{2-}$ , formação de opala, chertes e evaporitos podem igualmente induzir modificações na concentração das espécies iónicas da água (DREVER, 1997).



**Figura A.I.1-2** - Percentagem das principais espécies dissolvidas nas águas dos rios e do mar. Composições médias retiradas de [ref<sup>a</sup> net-1].

Deste modo, podem observar-se variações extremas da concentração de sais nos mais diversos tipos de ambientes. Valores mínimos, próximos de 0‰, encontram-se nas águas “quase puras” provenientes da precipitação ou de degelo e valores mais elevados encontram-se associados a corpos hídricos confinados como lagos, mares interiores e lagunas (ex: >300‰ - laguna Robe/Beachport no sul da Austrália - BARNES, 1980), podendo exceder muito os valores registados nos oceanos que variam tipicamente entre 33-38‰, longe da influência de águas doces continentais [ref<sup>a</sup> net-1].

As espécies iónicas mais importantes (IVANOFF, 1972; DREVER, 1997) são (**Figura A.I.1-2**):

- Na água dos rios - nas formas catiónicas o  $\text{Ca}^{2+}$  assume o papel principal seguido pelo  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , e  $\text{K}^+$ , enquanto nas aniónicas predomina o  $\text{HCO}_3^{2-}$  seguido pelo  $\text{SO}_4^{2-}$  e por último pelo  $\text{Cl}^-$ ;
- Na água do mar - as relações modificam-se e o  $\text{Na}^+$ , o  $\text{Mg}^{2+}$ , o  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Sr}^{2+}$ , constituem as espécies catiónicas de importância decrescente, enquanto o  $\text{Cl}^-$  representa 55% dos aniões em solução, juntamente com o  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$  e  $\text{F}^-$  (em percentagens igualmente decrescentes), e ainda o Boro sob a forma de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

A salinidade é definida como a quantidade de sais dissolvidos, em gramas, por kg de água. As espécies iónicas com concentrações superiores a 1mg/kg (=1ppm) são as que contribuem significativamente para o valor da salinidade de uma água, pelo que são consideradas “*espécies maiores*” (“major ions”), enquanto se apresentarem concentrações inferiores a esse valor são “*espécies menores*” (“minor elements”) (MURRAY, 1992). No início do séc. XX (1902) o grupo de trabalho Knudsen definia salinidade como “a massa total de sais dissolvidos por quilograma de água depois de todo o carbonato ter sido convertido em óxido, todos os brometos e iodetos terem sido substituídos pelo cloro e toda a matéria orgânica ter sido oxidada” (IVANOFF, 1972); esta, não podendo ser medida, era deduzida através da clorinidade (Cl) ou da condutividade eléctrica. A clorinidade (Cl) era determinada através de titulação com nitrato de prata e a salinidade obtida através da expressão  $S(\text{‰})=0,030+1,805 \times \text{Cl}(\text{‰})$ , utilizada até 1962, sendo substituída por  $S(\text{‰})=1,80655 \times \text{Cl}(\text{‰})$  (IVANOFF, 1972). Nos anos 60 e 70 a necessidade crescente de obter medições *in situ* é incompatível com este tipo de determinações pelo que a utilização dos condutivímetros (com sensores de condutividade, temperatura e profundidade/pressão) se generalizou, conduzindo ao desenvolvimento de novos algoritmos para a determinação da salinidade a partir destas variáveis - “The practical salinity scale 1978 (PSS 78) e posteriormente “The International equation of state of seawater 1980” (UNESCO, 1981 in [ref<sup>a</sup> net-2], [ref<sup>a</sup> net-3]).

A condutividade eléctrica avalia a capacidade de determinada solução conduzir electricidade, dependendo do somatório das contribuições dos iões presentes (WILLARD *et al.*, 1974, *in* MATOS, 1991). No campo utiliza-se uma sonda eléctrica que pela aplicação de uma voltagem entre dois eléctrodos avalia a capacidade que a água tem para conduzir a uma corrente eléctrica. Esta capacidade varia, não só, em função do total de sais dissolvidos, mas igualmente da temperatura e da pressão, pelo que deve ser corrigida para valores de temperatura e pressão padrão. A temperatura padrão para medição da condutividade em laboratório é de 25°C [ref<sup>a</sup> net-4] e embora os condutivímetros mais antigos não fizessem essa correcção, actualmente os instrumentos de medição no terreno já fazem a compensação automática da condutividade a diferentes temperaturas, pelo que a temperatura da água durante a medição deve ser sempre mencionada. Até cerca dos anos 70 a unidade de condutividade era micromhos por centímetro ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) mas actualmente utiliza-se microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ) com a seguinte equivalência  $1\mu\text{mhos/cm} = 1\mu\text{S/cm}$ . A seguinte expressão pode ser utilizada para converter o valor da condutividade obtida a qualquer temperatura para a equivalente a 25°C [ref<sup>a</sup> net-4]:

$$K_{25} = \frac{k}{1 + 0,019 \times (t - 25)} \quad , \quad \text{em que:}$$

$K_{25}$  - condutividade corrigida para 25°C

$t$  - temperatura da água quando foi efectuada a leitura da condutividade

Multiplicando-se  $K_{25}$  por 0,00062 obtém-se um valor aproximado para a salinidade (‰) mas se pretender uma aproximação mais robusta deve utilizar-se a seguinte expressão:

$$\text{Salinidade} = a_1(K_{25}) + a_2(K_{25})^2 + a_3(K_{25})^3 + a_4(K_{25})^4 + a_5(K_{25})^5 + a_6(K_{25})^6$$

em que:

$K_{25}$  – condutividade corrigida para 25°C

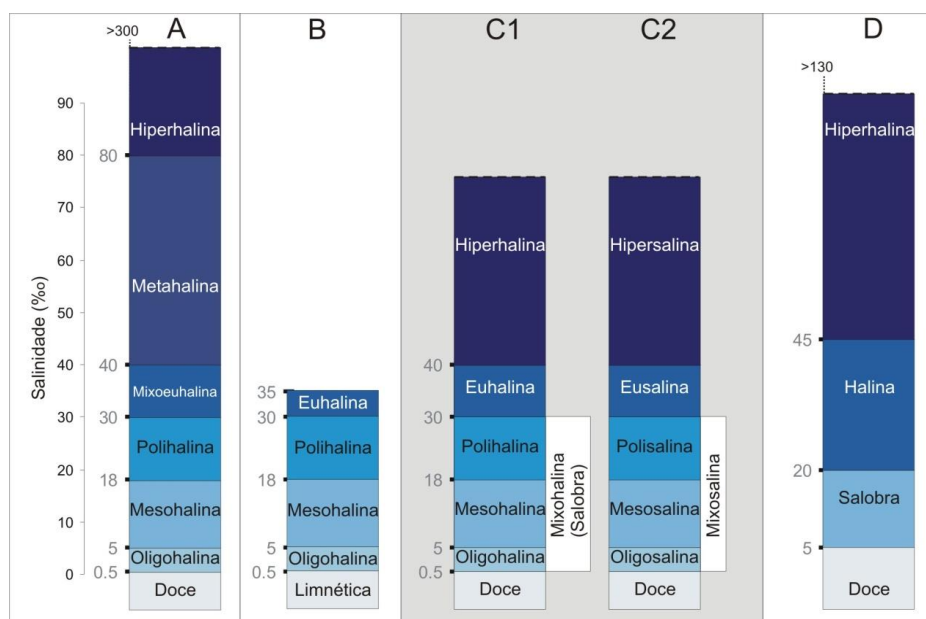
$$a_1 = 4,98 \times 10^{-1}; a_2 = 9,54 \times 10^{-3}; a_3 = 3,941 \times 10^{-4}; a_4 = 1,092 \times 10^{-5}; a_5 = 1,559 \times 10^{-7}; a_6 = 8,789 \times 10^{-10}$$

As variações da salinidade nos corpos hídricos têm reflexos na distribuição e composição das espécies de flora/fauna, pelo que é um parâmetro importante na definição de domínios ambientais. Nos ambientes naturais o teor em sais das águas pode ser desde muito baixo, sendo estas classificadas como “águas doces” até muito elevado, sendo classificadas como “águas salinas”; os teores intermédios correspondem às “águas salobras”.

A classificação conhecida por “Venice System” sugerida no “Symposium on the classification of Brackish waters” em 1958 serviu de base para as classificações posteriores que nela se apoiaram com algumas modificações. Na **Figura A.I.1-3A, B, C1** estão ilustradas algumas dessas propostas, consideradas para ambientes estuarinos e lagunares. As águas dos ambientes continentais apresentam composições iónicas substancialmente diferentes das águas dos ambientes cuja salinidade deriva da mistura com águas oceânicas, pelo que o termo “salino” deve ser restrito aos primeiros (**Figura A.I.1-3C2**) enquanto o termo “halino” deve ser aplicado aos segundos (BARNES, 1980; COWARDIN *et al.*, 1985; [5]), pelo facto de o Cl - halogeneto - ser um dos seus principais constituintes iónicos. Por último, a classificação proposta por BARNES (1980) (**Figura II.3-3D**) considerada para ambientes lagunares é mais simplificada e modifica ligeiramente os limites das restantes. Neste trabalho utilizam-se as fronteiras dos valores da salinidade propostas por COWARDIN *et al.* (1985) (**Figura A.I.1-3C1**).

Quando ocorre entrada de água doce num sistema com água salgada ou entrada de água salgada num de água doce ocorre um processo designado de meromixia ectogénica, dando lugar em ambos os casos a um gradiente salino vertical. Deste modo, origina-se um corpo menos salino à superfície e mais denso em profundidade separados através de um “patamar de salinidade”, geralmente bem marcado, denominado de Haloclina.

As características dos corpos aquosos lagunares resultam do balanço entre a precipitação, a temperatura e a entrada de água oceânica, quer por galgamento do cordão arenoso, quer pela barra de maré (natural ou artificial). As duas primeiras relacionam-se com as condições meteorológicas impondo um cunho marcadamente sazonal: durante a época invernal a adição de água doce devida à precipitação e à escorrência superficial, induzem diminuição da salinidade; pelo contrário, o aumento da temperatura durante a época estival seca, com evaporação intensa, favorece o aumento deste parâmetro. O galgamento e a abertura da barra introduzem volumes de água marinha dentro do espaço lagunar, tanto maiores quanto mais intensos são os fenómenos de galgamento ou quanto mais eficiente é a abertura da barra. A conjugação destes factores pode conduzir a condições de estratificação da massa, ou em caso de mistura eficiente (vento, maré) conduzir a grande homogeneização do hidrossoma.



**Figura A.I.1-3** - Classificação das águas de acordo com o teor em sais dissolvidos para ambientes estuarinos e lagunares de acordo com: A - POR (1972), in [ref<sup>a</sup> net-5]); B - CARRIKER (1967) e McLUSKY (1989) in WILSON (1994); C - COWARDIN et al. (1985): C1 - para ambientes marinhos e estuarinos, C2 - para ambientes (continentais) fluviais e lacustres; D - BARNES (1980).

#### A.I.1.2.2 Oxigénio Dissolvido

A quantidade de oxigénio dissolvido na coluna de água depende de factores como:

- Presença/ausência de organismos fotossintéticos (fotossíntese/respiração);
- Capacidade de penetração da luz (dependendo da profundidade da coluna de água e da turbidez);
- Turbulência da água;
- Quantidade de matéria orgânica em decomposição;
- Temperatura;
- Salinidade.

LANGMUIR (1997) afirma que, grosso modo, a concentração de oxigénio dissolvido nas águas naturais, resulta do balanço entre a taxa de substituição através da atmosfera e a taxa de consumo pela oxidação, quer da matéria orgânica, quer de espécies reduzidas em solução ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ , etc). O aumento da temperatura e da salinidade diminuem a solubilidade do oxigénio, sendo 20 % menor na água do mar que na água doce (BEER, 1983, in FREITAS 1995; WETZEL, 1993). Pode determinar-se a solubilidade do oxigénio ( $C = (\text{DO})_s$ ) na água em equilíbrio com a atmosfera a partir da seguinte equação:

$$\ln C = -139,34411 + (1,575701 \times 10^5 / T) - (6,642308 \times 10^7 / T^2) + (1,243800 \times 10^{10} / T^3) - (8,621949 \times 10^{11} / T^4) - S((1,7674 \times 10^{-2}) - (1,0754 \times 10^{-1} / T) + (2,1407 \times 10^3 / T^2))$$

em que:

$C = (\text{DO})_s$  = concentração de saturação em mg/l (à pressão atmosférica de 101,3 kPa)

$T$  = temperatura em graus Kelvin ( $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.150$ )

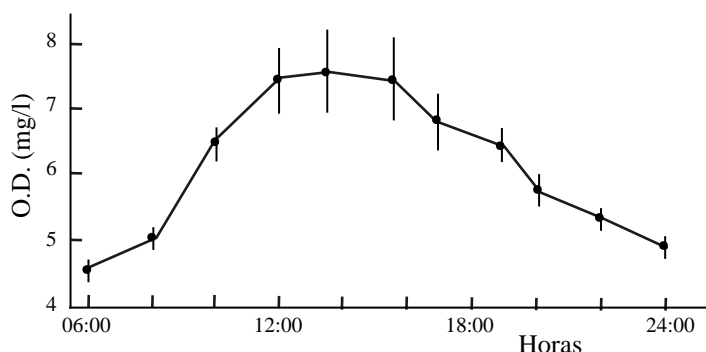
$S$  = salinidade em ‰

Uma determinada massa de água, mediante as suas características físico-químicas, pode ter uma concentração de saturação - (DO)<sub>s</sub> - que quando comparada com a quantidade real de oxigénio dissolvido (medido) - DO - pode fornecer informações sobre a percentagem de saturação, através da seguinte expressão:

$$\% \text{ Saturação} = 100 \times (\text{DO} / (\text{DO})_s)$$

Deste modo, diz-se que a água está subsaturada ou sobressaturada de oxigénio dissolvido consoante o resultado da anterior expressão for menor ou maior que 100, respectivamente.

Os gases resultantes do processo respiração/fotossíntese induzem flutuações diárias nos níveis de oxigénio dissolvido (**Figura A.I.1-4**) e consequentemente no pH; a actividade biológica pode igualmente induzir variações anuais (BARNES, 1980).



**Figura A.I.1-4** - Variação diária do O.D. na laguna de Caimanero, México (adaptado de BARNES, 1980).

A taxa de produção orgânica no *epilimnion* é também, no que respeita ao oxigénio dissolvido, um factor importante na estratificação da massa aquosa (WETZEL, 1993; DREVER, 1997):

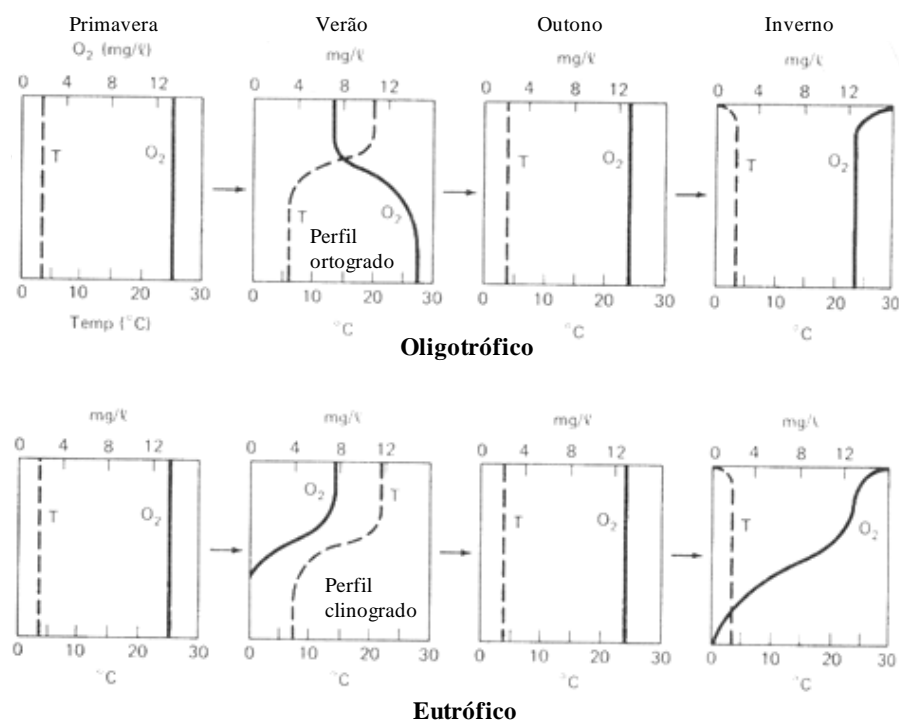
- Meio Oligotrófico - produção orgânica baixa em consequência da escassa disponibilidade de nutrientes; a produção fotossintética é baixa, sendo a concentração de oxigénio regulada por factores físicos;
- Meio Eutrófico - produção orgânica elevada proporcionada pelo elevado afluxo de nutrientes. A entrada contínua de matéria orgânica no *hipolimnion* proveniente dos níveis superiores consome rapidamente o oxigénio em solução, conduzindo a condições anóxicas.

Durante a estratificação de Verão, se o meio é oligotrófico, a distribuição vertical do oxigénio dissolvido adquire um perfil denominado de Ortogrado. Se pelo contrário, é eutrófico, os processos oxidativos mais intensos no *hipolimnion* conferem-lhe concentrações progressivamente mais baixas e o perfil adquire a configuração da denominada curva Clinograda (WETZEL, 1983; DREVER, 1997) (**Figura A.I.1-5**).

Normalmente, nos corpos aquosos estratificados registam-se valores de oxigénio dissolvido mais elevados no *epilimnion* e no *metalimnion* onde o consumo de oxigénio é compensado pelos processos de circulação e fotossíntese, enquanto no *hipolimnion* raramente essa compensação ocorre. A decomposição bacteriana da matéria orgânica, importante a todas as profundidades, assume papel preponderante no *hipolimnion* e principalmente na interface sedimento-água onde a acumulação de matéria orgânica e o metabolismo bacteriano são maiores podendo conduzir a

condições de anoxia por consumo total do oxigénio. Denomina-se Oxiclina à zona de transição entre a massa aquosa superior oxigenada e a inferior que, em casos extremos, pode ser anóxica.

A maior parte dos organismos aquáticos (plantas e animais) dependem do oxigénio para sobreviver, considerando ANDREWS *et al.* (1972) que para constituir um bom suporte para a vida aquática os valores de oxigénio dissolvido não devem ser inferiores a 5 mg/l (=ppm), enquanto BEER (1983, *in* FREITAS, 1995) considera concentrações inferiores a 4 mg/l preocupantes do ponto de vista ambiental.



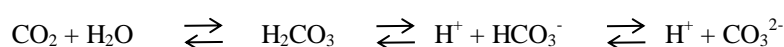
**Figura A.I.1-5 -** Distribuição vertical hipotética das concentrações da temperatura e do oxigénio dissolvido em lagos, admitindo quatro situações distintas de acordo com a estação do ano (adaptado de DREVER, 1997).

### A.I.1.2.3 pH e Eh

O pH de uma solução é definido como o simétrico do logaritmo decimal da concentração de hidrogénios (em mol/L - CHANG, 1994).

O Eh é, em muitos casos, análogo ao pH, medindo a capacidade de um ambiente fornecer electrões a um agente oxidante (reduzindo-o) ou em retirar electrões a um agente redutor (oxidando-o), do mesmo modo que o pH de um ambiente mede a sua capacidade de fornecer hidrogénios ( $H^+$ ) a uma base ou de os retirar a um ácido (KRAUSKOPF & BIRD, 1995).

A presença de  $CO_2$  na água é em grande parte responsável pelas alterações do pH, pois esta molécula reage com a água formando um ácido fraco ( $H_2CO_3$  - ácido carbónico) decompondo-se rapidamente em hidrogénio e bicarbonato, que por sua vez se dissocia novamente, podendo resumir-se estas três reacções, segundo ANDREWS *et al.* (1972) pela seguinte expressão:





O dióxido de carbono pode provir da atmosfera (dissolução do CO<sub>2</sub> atmosférico pela chuva), da alteração das rochas, da acção de organismos ou da decomposição da matéria orgânica.

Os organismos fotossintéticos introduzem ou removem CO<sub>2</sub> (o inverso para o O<sub>2</sub>) na água através do processo respiração/fotossíntese baixando ou incrementando o pH, respectivamente. Desta forma, as oscilações diárias de oxigénio dissolvido (ver ponto A.1.1.2.2) são usualmente acompanhadas por oscilações do pH, registando menores valores durante a noite (respiração - maior concentração de CO<sub>2</sub>) e maiores durante o dia (fotossíntese - menor concentração de CO<sub>2</sub>). Note-se que este processo se limita às profundidades onde a luz penetra, dependendo da abundância de material em suspensão (sob forma particulada ou coloidal) de origem minerogénica, biogénica ou química e que em profundidades superiores outros processos serão responsáveis pelas variações do pH. A grande disponibilidade de oxigénio dissolvido (maior oxidante nas águas naturais - LANGMUIR, 1997), conduz, nestes ambientes superficiais oxigenados, a elevados valores de Eh. Pelo contrário, a matéria orgânica actua como um forte redutor, reduzindo o oxigénio que a oxida, libertando-se dióxido de carbono, assim como produtos azotados e fosfatados que a constituíam (metabolismo aeróbico). Quando o oxigénio molecular não se encontra disponível ou foi totalmente consumido, a oxidação da matéria orgânica prossegue através de uma série de reacções que representam estados de Eh sucessivamente mais baixos: após o metabolismo aeróbico pode ocorrer desnitrificação (redução de compostos azotados) seguida da redução do ião férrico e redução de sulfatos (DREVER, 1997), em que o CO<sub>2</sub> se encontra como produto final. Em ambientes com condições redox ainda mais baixas, onde já não estão disponíveis espécies "aceitadoras de electrões", a redução vai prosseguir essencialmente através da transformação de moléculas compostas em compostos simples - reacções de fermentação e metanogénese - onde para além do CO<sub>2</sub> se produz, no último caso, CH<sub>4</sub> (DREVER, 1997; LANGMUIR, 1997).

Desta forma, a matéria orgânica a par com outros agentes redutores (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, Fe<sup>2+</sup> - subprodutos da diagénese) estabelecem o potencial redox do ambiente (KRAUSKOPT & BIRD, 1995) tornando-se a água mais ácida à medida que "envelhece" (ANDREWS *et al.*, 1972) e também mais redutora, com o Eh a atingir valores muito negativos. A zona de transição onde ocorrem modificações bruscas de pH e Eh denomina-se de quimioclina e interface redox, respectivamente.

Para além de ser função dos processos anteriormente mencionados, o pH pode, em conjugação com outros factores, induzir e/ou acelerar, inibir e/ou retardar reacções químicas como a precipitação, dissolução, coagulação, floculação, etc. Pode funcionar ainda, segundo ANDREWS *et al.* (1972), do ponto de vista biológico como factor limitante para certas espécies, mencionando que apenas águas com valores de pH entre 6,7 - 8,6 conseguem constituir um bom suporte para as espécies piscícolas. O mesmo autor alerta que, valores fora do intervalo 7,0 - 8,5 devem constituir fonte de preocupação, suspeitando-se de poluição caso não sejam encontrados os processos naturais responsáveis.

CHESTER (1993) aponta valores de pH entre 7,5 - 8,4 para as águas em "mar aberto", enquanto BEER (1983, *in* FREITAS, 1995) restringe o intervalo para 8,1 - 8,3. Segundo o primeiro autor, tendo em conta que o pH das águas dos rios é normalmente mais baixo que a dos oceanos (5 > pH > 8)

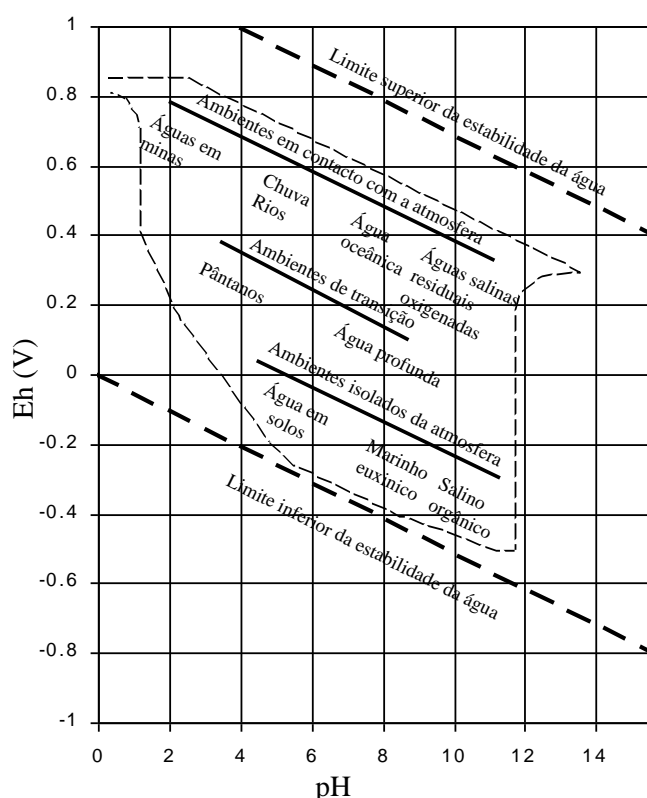
assiste-se geralmente nos meios de transição (ex: estuários) a um gradiente, aumentando o pH com o aumento da salinidade.

O pH permite distinguir diferentes tipos de ambientes, sendo a classificação de TEODOROVICH (*Tabela A.I.1-1*) a que define o maior número (CHILINGAR, 1955, *in* PETTIJOHN, 1975).

**Tabela A.I.1-1** - Classificação dos ambientes consoante o valor de pH da água (de acordo com TEODOROVICH).

Ambiente	pH
Fortemente alcalino	> 9
Alcalino	9 - 8
Fracamente alcalino	8 - 7,2
Neutro	7,2 - 6,6
Ligeiramente ácido	6,6 - 5,5
Ácido	5,5 - 2,1

A **Figura A.I.1-6** indica a posição de alguns dos diferentes ambientes naturais relativamente aos valores de pH e Eh. KRAUSKOPF & BIRD (1995) mencionam que nas águas oceânicas os valores de Eh variam desde +0,3V, em ambientes oxigenados até -0.6V nas águas dos sedimentos do fundo que contêm matéria orgânica, constituindo geralmente os ambientes mais redutores (com Eh entre -0,1 e -0,5V). Estes autores questionam a veracidade do Eh nestes ambientes devido ao número e complexidade dos compostos presentes e à lentidão das reacções orgânicas. No entanto, estimativas realizadas a partir de determinados tipos de substâncias inorgânicas associadas aos compostos orgânicos sustentam as conclusões obtidas pelas medições directas. A decomposição da matéria orgânica, em condições aeróbicas conduz à libertação abundante de CO<sub>2</sub>, acidificando as soluções até pH 4 ou inferior se houver produção de ácidos orgânicos. No entanto, a decomposição anaeróbica pode produzir, para além de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Fe<sup>2+</sup> (entre outros) também NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, que, contrariando os efeitos dos outros elementos, incrementa o pH. Muitas medições em pântanos e bacias marinhas estagnadas dão valores de pH no intervalo 6 -7 (KRAUSKOPF & BIRD, 1995).



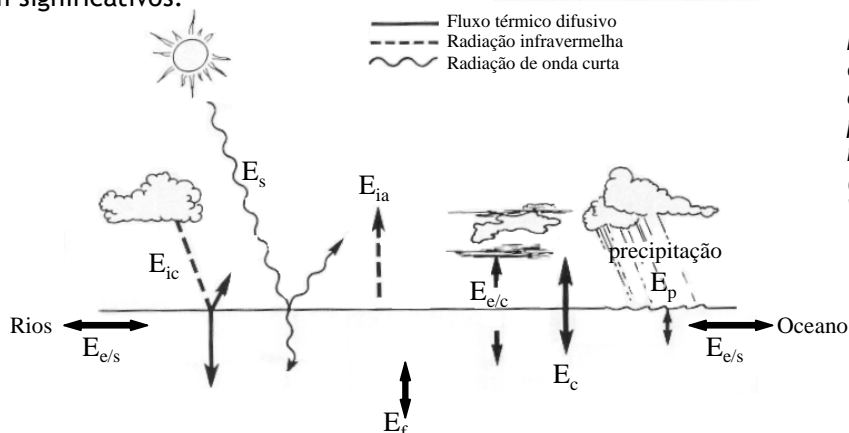
**Figura A.I.1-6** - Diagrama ilustrativo das posições aproximadas de alguns ambientes naturais, em termos de pH e Eh (adaptado de LANGMUIR, 1997).

#### A.I.1.2.4 Temperatura

Pode-se dizer que a temperatura do corpo aquoso lagunar é o balanço térmico resultante de fenómenos de radiação e difusão na massa de água, induzidos por um conjunto de distintos componentes. A **Figura A.1.1-7** ilustra os principais mecanismos responsáveis pelos fluxos térmicos, segundo IMBODEN & WÜEST (1995):

- a) Mecanismos radiativos:
  - $E_s$  - radiação solar (directa);
  - $E_{ic}$  - radiação infravermelha emitida pelo céu;
  - $E_{ia}$  - radiação infravermelha emitida pela água;
- b) Mecanismos não radiativos (difusivos):
  - $E_{e/c}$  - evaporação/condensação;
  - $E_c$  - convecção;
  - $E_p$  - precipitação;
  - $E_{e/s}$  - entradas/saídas da água (entradas de água pelas ribeiras afluentes e entrada/saída de água pela barra);
  - $E_f$  - fluxo térmico "do fundo".

Destes fluxos, os radiativos ( $E_s$ ,  $E_{ic}$  e  $E_{ia}$ ) são sem dúvida os mais importantes, apresentando variações anuais de acordo com o clima regional, às quais se impõem variações de ciclos diurnos, especialmente nas radiações de curto comprimento de onda da radiação solar. É de salientar que o fluxo térmico resultante da  $E_p$  não é significativo, ocorrendo modificações térmicas, durante épocas pluviosas, geralmente como resultado de mudanças nos fluxos  $E_{ia}$ ,  $E_{e/c}$  e  $E_c$ . O fluxo associado ao fundo, embora muito pequeno, pode influenciar a temperatura das zonas mais profundas, que sofrem pouca ou nenhuma influência (dependendo da profundidade da coluna de água) dos fluxos térmicos superficiais, podendo afectar a estratificação e os processos de mistura da zona hipolimnética (IMBODEN & WÜEST, 1995). A influência térmica resultante das entradas dos afluentes ou das entradas/saídas de volumes de água pela barra de maré só são importantes se os caudais forem significativos.



**Figura A.I.1-7** - Ilustração esquemática dos principais componentes responsáveis pelas trocas de calor nos meios aquáticos lagunares (adaptado de IMBODEN & WÜEST, 1995).

De acordo com WETZEL (1993) os 2m superiores da coluna de água absorvem mais de metade da radiação solar, decrescendo a absorção exponencialmente com a distância que a luz percorre

(ex: uma luz com comprimento de onda igual a 750nm é absorvida 90% no primeiro metro e apenas 1% nos 2m seguintes). Segundo o mesmo autor, a perda de calor por evaporação reduz-se aos primeiros (poucos) centímetros de água, em virtude da baixa condutividade térmica desta.

Quando existe estratificação térmica denomina-se Termoclina à zona de transição entre a massa de água superficial e a mais profunda.

#### A.I.1.2.5 Turbidez

A turbidez ou total de sólidos suspensos (T.S.S.) pode ser facilmente avaliada recorrendo ao auxílio de um turbidímetro que avalia a capacidade de penetração da luz numa massa de água. A passagem da luz pode ser dificultada pelo aumento de partículas sólidas em suspensão, sob forma particulada ou coloidal, de natureza variada: minerogénica (siltes, argilas), biogénica (material orgânico - fitoplâncton, zooplâncton, restos de outros organismos) ou química (complexos hidratados, precipitados, colóides). Valores elevados de turbidez depois de um período de forte precipitação indicam erosão do solo e consequente acarreio de material em suspensão pelas linhas de água. No entanto, ANDREWS *et al.* (1972) alertam para o facto de altos valores de turbidez, em afluentes, poderem estar relacionados com descargas de esgotos, constituindo motivo de maior preocupação que as partículas minerais em suspensão. Efectivamente, o seu maior teor em matéria orgânica produzirá maior consumo de oxigénio durante os processos de decomposição daquela, conduzindo à depleção deste elemento na coluna de água.

Normalmente uma parte importante do material transportado pelas águas fluviais tem dimensões colóidais (0,003-1  $\mu\text{m}$ ), sendo constituído por minerais argilosos, óxidos hidratados de metais (principalmente ferro e manganês) e matéria orgânica (PEREIRA & DUARTE, 1997). Estas partículas carregadas electricamente (positivas ou negativas), permanecem estáveis em ambientes de água doce. No entanto, a destabilização e consequente floculação dos colóides pode ocorrer quando estas águas entram em contacto com outras mais salinas onde a disponibilidade de electrólitos é maior. Estes, dependendo da sua carga e da carga do colóide, são atraídos, conduzindo à neutralização da carga electrostática superficial das partículas colóidais, facilitando a reunião destas - coagulação - que em consecutivas aglutinações originam partículas de maiores dimensões por floculação. Nos corpos aquosos lagunares estratificados, onde um estrato oxigenado de água doce se sobrepõe a um salino redutor, as variações verticais das características físico-químicas podem induzir processos de precipitação e/ou floculação no *metalimnion* onde se regista um aumento dos electrólitos. Consequentemente, a presença deste material floculado incrementará a turbidez nesse nível. Processo análogo ocorre nos estuários quando as águas doces contactam com as águas salinas marinhas.

A presença, por vezes abundante, de vegetação autóctone junto ao fundo dificulta a propagação da luz, interferindo nos valores da turbidez, mesmo perante uma coluna de água bastante límpida.

## A.I.2 LAGOA DE MELIDES - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

### A.I.2.1 - TABELAS DE VALORES

**Tabela A.I.2-1** - Parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides, em 18 de Novembro de 2000 (campanha G).

Estação	Hora	Fundo (m)	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (mS/cm)	O.D. (mg/l)	% Saturação OD	Turbidez (FTU)	pH	Eh
Barra	08:40	0,50	0	11,4	1,5	2,7	8,30	77	3,4		
			0,5	11,4	1,5	2,7	8,70	80	5,4		
2	08:50	3,60	0	11,7	1,6	2,8	8,70	81	2,8		
			0,5	11,7	1,6	2,8	9,60	89	2,3		
			1	11,7	1,6	2,8	10,40	97	2,4		
			1,5	11,7	1,6	2,8	11,00	102	2,8		
			2	11,7	1,6	2,8	11,40	106	2,8		
			2,5	11,7	1,6	2,8	11,80	110	2,4		
			3	11,7	1,6	2,8	11,80	110	2,8		
			3,25	16,0	15,6	25,8	1,30	14	>200		
			3,5	17,7	17,8	29,6	1,00	12	46		
3	09:20	2,80	0	12,3	1,6	2,9	8,20	77	4,5		
			0,5	12,3	1,6	2,9	9,00	85	3,4		
			1	12,3	1,6	2,9	9,60	91	3,0		
			1,5	12,3	1,6	2,9	10,60	100	2,9		
			2	12,3	1,7	3,0	10,80	102	2,9		
			2,5	12,3	1,7	3,0	11,00	104	2,9		
			3	12,6	2,2	3,8	10,00	95	4,5		
4	10:05	1,60	0	12,6	1,6	2,8	6,80	65	3,5		
			0,5	12,6	1,6	2,8	6,80	65	4,1		
			1	12,5	1,6	2,8	7,20	68	4,0		
			1,2	12,1	1,6	2,8	7,80	73	4,4		
5	10:20	2,55	0	12,3	1,5	2,7	7,90	75	5,4		
			0,5	12,3	1,5	2,7	7,90	75	5,0		
			1	12,3	1,5	2,7	8,10	76	5,2		
			1,5	12,1	1,5	2,7	8,40	79	5,2		
			2	12,1	1,5	2,7	9,00	84	5,5		
			2,5	13,0	2,1	3,4	7,90	76	12,0		
6	11:00	2,05	0	12,3	1,4	2,5	8,00	75	5,4		
			0,5	12,3	1,4	2,5	8,10	76	5,3		
			1	12,3	1,5	2,5	8,20	77	5,3		
			1,5	12,2	1,5	2,5	8,50	80	10(*)		
			2	12,3	1,6	2,8	8,70	82	10(*)		
7	10:40	1,6	0	12,3	1,5	2,7	7,60	72	6,5		
			0,5	12,3	1,5	2,7	7,20	68	5,2		
			1	12,2	1,6	2,7	8,20	77	6,0		
			1,5	12,5	1,6	2,7	8,70	82	10(*)		
8	11:10	1,55	0	12,2	1,2	2,1	7,30	69	11,0		
			0,5	12,3	1,3	2,3	7,60	72	16,0		
			1	13,0	1,5	2,6	6,20	59	20,0		
			1,5	13,4	1,7	2,9	4,10	40	16,0		
9	11:40	1,15	0	12,4	1,2	2,1	8,40	79	7,0		
			0,5	12,4	1,2	2,1	8,40	79	7,0		
			1	13,8	1,8	3,1	1,80	18	11,0		
10	11:50	2,00	0	12,0	1,0	1,8	9,10	85	11		
			0,5	12,0	1,2	2,2	8,30	78	8,5		
			1	12,1	1,5	2,5	8,10	76	3,3		
			1,5	12,2	1,5	2,5	8,00	75	2,9		
			2	12,7	1,8	3,1	7,80	74	6,5		
11	12:10	2,50	0	12,1	0,0	1,1	10,60	99	34,0		
			0,5	11,9	0,7	1,2	10,40	97	28,0		
			1	13,6	1,6	2,8	4,40	43	13,0		
			1,5	15,5	2,0	3,6	1,50	15	28,0		
			2	16,7	3,9	5,2	0,55	6	82,0		
			2,3	17,8	10,2	17,0	0,35	4	40,0		
12	09:50	1,55	0	11,9	1,5	2,7	8,90	83	2,4		
			0,5	11,9	1,6	2,7	9,80	92	2,6		
			1	12,0	1,6	2,7	10,00	94	2,8		
			1,5	12,9	1,8	3,1	6,00	57	6(*)		

(\*) algas junto ao fundo, a água estava limpa, não eram partículas em suspensão.

**Tabela A.I.2-2 - Parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides, em 26 de Junho de 2003 (campanha H).**

Estação	Hora	Fundo (m)	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (mS/cm)	O.D. (mg/l)	% Saturação OD	Turbidez (FTU)	pH	Eh (mV)
Barra	10:20	1,60	0	23,4	10,0	16,9	6,60	82	35-40	9,26	59
			0,5	23,4	10,0	16,9	6,70	83	36-50	9,28	48
			1	23,1	10,0	16,9	6,70	83	40-50	9,27	47
			1,5	23	10,0	16,9	6,70	83	35-50	9,26	46
2	11:00	2,50	0	24	10,0	16,8	7,40	93	30-50	9,22	88
			0,5	23,9	10,0	16,8	7,40	93	35-45	9,26	79
			1	23,6	10,0	16,8	7,80	97	32-50	9,25	74
			1,5	23,8	11,0	18	5,80	73	25-30	9,06	74
			2	24,0	19,0	34,8	1,25	17	24	8,06	-306
			2,5	22,4	23,0	38,5	0,90	12	40-100	7,59	-322
3	11:30	1,50	0	24,5	9,0	16,2	6,90	87	42-50	9,18	22
			0,5	24,5	9,0	16,3	6,80	86	32-55	9,20	24
			1	24,6	10,0	16,7	6,00	76	30-40	9,27	24
			1,5	24,5	10,0	17,4	5,20	66	60-80	9,22	-137
5	12:00	0,65	0	27,0	9,0	15,8	10,00	132	80-100	9,87	19
			0,5	24,6	9,0	15,8	6,60	83	50-70	9,60	26
6	12:20	0,6	0	24,7	9,0	15,1	7,40	94	40-60	9,11	31
			0,5	24,4	9,0	16,0	6,90	87	30-40	9,16	33
7	12:45	0,5	0	26,8	10,0	16,2	8,80	116	40-50	8,74	-1
			0,5	26,6	10,0	16,3	10,00	132	55-70	8,75	-33
8	13:00	0,5	0	27,3	9,0	16,0	6,40	85	40-50	8,89	35
			0,5	26,8	9,0	16,0	6,00	79	40-50	8,87	33
			1	26,1	10,0	16,9	4,50	59	60-75	8,90	-28
9	13:20	0,5	0	26,6	9,0	15,0	6,40	84	50-55	8,92	29
			0,5	26,6	9,0	15,1	6,40	84	60-100	8,91	15
10	13:45	2,1	0	26,6	9,0	15,0	6,70	88	50	8,89	3
			0,5	26,6	9,0	15,0	6,70	88	40-50	8,89	6
			1	26,4	9,0	15,0	6,70	88	40-50	8,88	8
			1,5	25,8	9,0	15,4	5,80	75	50-70	8,81	8
			2	22,4	15,0	24,1	0,80	9	>1000 (*)	7,43	-359
11	14:20	1,4	0	27,8	4,0	7,2	5,50	72	20-25	8,11	-21
			0,5	28,1	6,0	11,7	6,30	83	30-35	8,57	-22
			1	26,2	10,0	16,7	2,80	37	30-40	8,67	-48
			1,5	25,3	13,0	21,4	0,80	10	>1000 (*)	-	-377
12	15:15	0,4	0	28,7	11,0	18,0	7,60	104	30	9,52	-38
			0,5	25,5	11,0	18,1	8,50	110	130-180 (*)	9,58	-51

(\*) algas junto ao fundo

**Tabela A.1.2-3** - Parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna de Melides, em 27 de Março de 2006 (campanha I).

Estação	Hora	Fundo (m)	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (mS/cm)	O.D. (mg/l)	% Saturação OD	Turbidez (FTU)	pH	Eh (mV)
Barra	11:00	4,25	0	17,5	0,7	1,2	6,90	74		7,12	280
			1	17,5	0,7	1,2	6,50	70			
			2	17,2	0,7	1,2	6,30	66			
			3	17,3	0,9	1,7	6,80	71			
			3,5	17,3	1,8	3,5	6,90	73			
			4	17,2	3,9	7,0	6,90	70			
			4,25	17,1	4,3	7,7	6,90	70		7,20	251
2	11:30	5,45	0	17,7	0,7	1,2	7,00	73		7,23	233
			2	17,4	0,7	1,2	6,60	72			
			3	17,0	0,9	1,7	6,40	66			
			3,5	17,2	1,6	3,0	6,60	70		7,25	229
			4	17,2	3,9	6,7	6,70	71			
			4,5	17,1	5,1	8,9	6,80	70			
			5	17,1	6,4	11,0	6,90	72			
3	12:00	4,75	0	18,0	0,7	1,2	7,17	75		7,23	242
			2	17,5	0,7	1,2	7,20				
			3	17,5	0,7	1,2	6,20	66			
			3,5	17,1	1,7	3,1	6,20	62		7,25	230
			4	17,1	3,8	6,4	6,20	66			
			4,5	17,1	5,0	9,2	6,70	69			
			4,75	17,0	5,8	9,9	6,60	72		7,30	205
5	13:15	3,60	0	18,2	0,6	1,1	7,30	77		7,30	217
			2	18,1	0,6	1,1					
			3	17,5	0,7	1,2	6,20	66			
			3,5	17,0	1,4	2,6	5,60	55		7,23	222
6	12:20	0,60	0	18,1	0,7	1,2	7,87	80		7,36	232
			1	18,0						7,35	220
			2	17,8	0,6	1,2				7,35	214
			3	17,5	0,7	1,2	6,95	77			
			3,5	17,2	1,0	1,7	6,20	65		7,34	206
			3,65	17,0	2,4	3,9	4,40	45			
7	12:45	3,10	0	17,9	0,7	1,2	7,51	80		7,30	224
			2	17,8	0,7	1,2					
			3	17,3	0,7	1,2	6,41	64		7,31	222
9	14:15	2,85	0	18,6	0,6	1,2	7,80	85		7,34	218
			2	18,2	0,6	1,2	7,72	80			
			2,85	18,0	0,6	1,1	6,80	71		7,37	223
11	14:40	2,50	0	18,9	0,5	0,8	7,25	77		7,21	223
			1	18,7	0,5	0,8	7,04	75			
			2	17,9	0,4	0,8	6,40	67			
			2,5	17,4	0,5	0,9	2,30	28		7,21	234
12	12:25	3,40	0	17,9	0,7	1,2	7,55	79		7,31	203
			2	17,5	0,7	1,2					
			3	17,3	0,7	1,2	7,10	75			
			3,4	17,3	0,7	1,2	6,20	66		7,31	238
rib. Melides	13:45	2,10	0	17,6	0,3	0,4	6,90	87		7,20	241



**A.1.3 POÇOS DO BARBAROXA DE BAIXO, DO MEIO E DE CIMA - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS****A.1.3.1 TABELAS DE VALORES**



## A.I.4 LAGOA DA SANCHÁ - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

### A.I.4.1 TABELAS DE VALORES

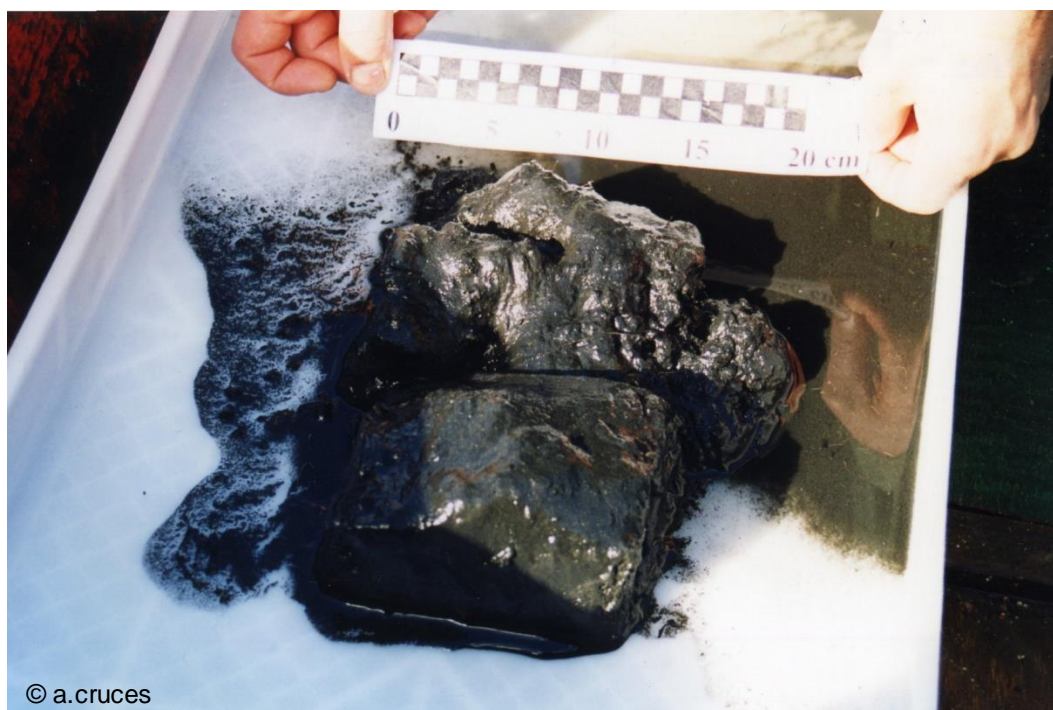
**Tabela A.I.4-1 - Parâmetros físico-químicos do corpo aquoso da laguna da Sanchá nas diferentes campanhas realizadas: 21/6/2001 (campanha A), 28/8/2002 (campanha B); 22/11/2002 (campanha C); 12/1/2004 (campanha D).**

Estação	Hora	Fundo (m)	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (mS/cm)	O.D. (mg/l)	% Saturação OD	Turbidez (FTU)	pH	Eh (mV)
Campanha A											
23-Ago-02											
1	11:45	0,75	0	24,6	0,9	1,6	6,5	78	11	3,26	544
			0,5	24,6	0,9	1,6	6,5	78	13	3,25	545
			0,75	24,7	0,9	1,6	6,5	79	11	3,27	544
2	12:45	0,9	0	24,8	0,9	1,6	6,4	78	8-19	3,20	545
			0,5	24,8	0,9	1,6	6,2	75	10-20	3,22	545
			0,8	24,8	0,9	1,6	6,4	78	0-25	3,23	546
3	13:00	0,8	0	25,2	0,9	1,6	5,4	66	12	3,24	539
			0,5	25,2	0,9	1,6	5,6	68	13	3,26	538
			0,8	25,2	0,9	1,6	5,5	67	14	3,26	537
4	13:25	0,8	0	25,3	0,9	1,6	5,6	68	10-17	3,25	543
			0,5	25,3	0,9	1,6	5,8	71	11-19	3,26	542
			0,7	24,6	0,9	1,6	5,7	69	10-27	3,28	534
6	13:50	0,8	0	25,7	0,9	1,6	5,1	63	19	3,24	544
			0,5	25,5	0,9	1,6	5,3	65	20	3,26	539
			0,7	24,1	0,9	1,6	5,8	69	42	3,52	420
7	14:10	0,9	0	25,7	0,9	1,7	5,0	62	22	3,24	541
			0,5	25,6	0,9	1,7	5,1	63	23	3,26	541
			0,8	23,7	0,9	1,7	4,3	51	34	3,30	515
8	14:45	0,55	0	26,7	0,9	1,7	4,0	50	25	3,27	536
			0,5	23,1	0,9	1,7	3,5	41	40	3,31	527
Campanha B											
23 de Agosto de 2002											
1		0,10	0	25,3	3,6	6,4	6,5	81	18	3,35	
2		0,15	0	21,7	3,8	6,6	8,2	95		3,34	
3		0,10	0	24,2	3,5	6,2	7,0	85		3,32	
5		0,12	0	24,0	3,6	6,2	8,4	102	~ 30	3,42	
7		0,10	0	24,5	3,4	6,0	9,5	116	~ 50	3,52	
Campanha C											
22 Novembro 2002											
margem próx. 1		~ 0,20	0		4,3	7,5					
Campanha D											
12 Janeiro 2004											
margem próx. 1		~ 0,20	0		1,0	1,3				3,82	315









## Anexo II Resultados de Sedimentología





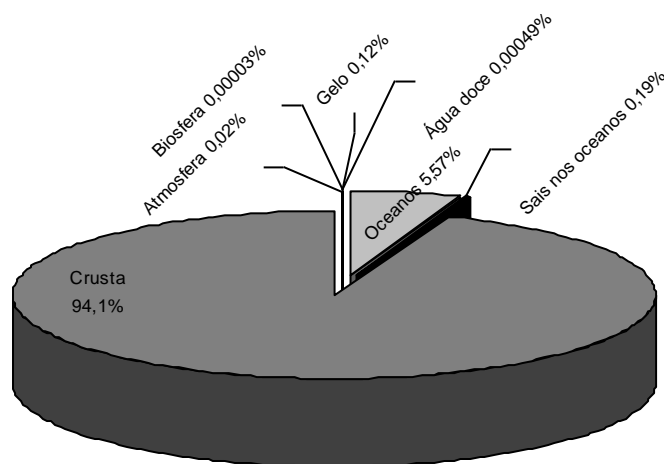
## A.II.1 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS

### A.II.1.1 ORIGEM DOS SEDIMENTOS

#### A.II.1.1.1 Introdução

No sistema Terra pode considerar-se a existência de quatro esferas principais que mantêm contacto e trocas entre elas - a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera (crusta) e a biosfera. Esta última é a que apresenta menor massa (**Figura A.II.1-1**) comparativamente com as restantes, enquanto a crosta corresponde a cerca de 94%, totalizando o somatório da massa das quatro esferas apenas 0,4% da totalidade do planeta (FERGUSSON, 1990). Os maiores constituintes de cada esfera são variáveis (**Tabela A.II.1-1**) correspondendo o O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K e Mg aos oito elementos mais abundantes na crosta terrestre (ADRIANO, 1986; FERGUSON, 1990).

A mobilização dos materiais/elementos constituintes da crosta é efectuada através da meteorização (química ou física) das rochas, considerada um dos maiores processos de reciclagem dos elementos, “libertando” quantidades apreciáveis de constituintes destas (FERGUSSON, 1990) que através dos agentes de erosão são transportados, podendo alcançar lagos, estuários, lagoas e oceanos. Durante o processo de meteorização, factores importantes como a água, a sua composição, o pH, a temperatura, a reactividade das espécies com o CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e a sua solubilidade condicionam os processos de meteorização que podem ocorrer (por exemplo: hidrólise, carbonatação, precipitação). Deste modo, desde a área fonte dos materiais até ao local da sua deposição e mesmo após a deposição dos mesmos, uma enorme variedade de processos sedimentares, incluindo a meteorização, o transporte e a diagénese, pode induzir profundas modificações na composição dos sedimentos. Para além dos processos naturais anteriormente mencionados, nos tempos mais recentes, as actividades antrópicas são responsáveis pela alteração dos fluxos naturais entre as esferas, promovendo o aumento das transferências e incrementando as concentrações de certos elementos, podendo mesmo ser responsáveis pela introdução de novos elementos no ambiente, como o caso dos radionuclídeos artificiais provenientes dos ensaios nucleares (ex: <sup>137</sup>Cs). Todos estes factores devem ser considerados nos estudos de sedimentos.



**Figura A.II.1-1- Percentagem das 4 diferentes esferas superficiais da Terra. Fazem parte da Hidrosfera: o Gelo, a Água doce, os Oceanos e os Sais dos oceanos (valores retirados de FERGUSON, 1990).**

*Tabela A.II.1-1 - Composição em termos de elementos principais das esferas componentes da Terra superficial (FERGUSON, 1990).*

Crusta		Saís nos Oceanos		Atmosfera		Biosfera	
Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
O	46,6	Cl	55,1	N	78	H	49,8
Si	27,7	Na	30,6	O	21	C	24,9
Al	8,1	Mg	3,7	Ar	0,9	O	24,9
Fe	5,0	S	2,7	CO <sub>2</sub>	0,03	N	0,27
Ca	3,6	Ca	1,2	Ne	0,002	Ca	0,07
Na	2,8	K	1,1	Outros	<0,01	K	0,04
K	2,6	Br	0,2			Mg	0,03
Mg	2,1	C	0,08			Si	0,03
		Sr	0,02			P	0,03
		B	0,01			S	0,02

Os depósitos sedimentares actuais compreendem uma mistura diversa de minerais detríticos, materiais amorfos ou fracamente cristalizados, materiais biogénicos, matéria orgânica e água intersticial (APLIN, 2000), podendo classificar-se os sedimentos de acordo com o critério escolhido. A sua classificação pode ser feita, por exemplo, com base na origem (FONTE) dos sedimentos, na dimensão das partículas ou na sua composição (FERGUSON, 1990).

Os sedimentos lagunares (tal como os estuarinos) derivam de múltiplas fontes, algumas externas, como os rios ou o mar, e outras internas ao próprio sistema. Deste modo, utilizando a origem dos sedimentos como critério vários autores apresentaram propostas de classificação (*Tabela A.II.1-2*). A *Tabela A.II.1-3* apresenta a classificação proposta neste trabalho para sedimentos lagunares/estuarinos tendo em conta o referido critério, podendo destacar-se 6 grandes grupos (Terrígenos - Litogénicos, Biogénicos, Autogénicos, Cosmogénicos, Vulcanogénicos, Antropogénicos), que podem ter origens externas ou internas ao próprio sistema.

**Terrígenos - Litogénicos** - corresponde a material proveniente da meteorização das rochas, sendo transportado pelos rios ou pelos glaciares. A mineralogia e composição do material detrítico são fortemente condicionados pela natureza litológica do substrato, pelo tipo de meteorização e pelo regime hidrodinâmico das bacias hidrográficas, condicionando estes factores a composição, o tamanho e a forma dos materiais que afluem aos sistemas lagunares/estuarinos. Nestes sistemas os materiais detríticos provenientes da barra de maré, da barreira, das arribas, das praias ou da plataforma próxima constituem os componentes detríticos litorais ou marinhos, quer a entrada se processe através da barra de maré ou da barreira arenosa (galgamentos oceânicos - corredores de galgamento ("Washover") ou corredores eólicos). Para além da contribuição fluvial e das trocas com o meio marinho adjacente, as entradas via atmosfera são reconhecidamente importantes e certos materiais/elementos transportados através da atmosfera podem viajar distâncias enormes antes de serem incorporados, em regiões longínquas da área fonte, nos depósitos destas bacias sedimentares; os radionuclídeos introduzidos na troposfera durante os testes nucleares chineses no início dos anos

60, que deram a volta à Terra em apenas 3 semanas, são disso exemplo (COOPER & KURODA *in* VALE, 1998).

O material detrítico compreende a maior parte dos depósitos lagunares/estuarinos, pelo que é o maior responsável pelas características físicas e químicas desses depósitos. Embora qualquer tipo de mineral existente na bacia hidrográfica possa aceder aos ambientes lagunares como parte integrante da fase detrítica, é importante salientar que os minerais mais abundantes nesta fase são as argilas e o quartzo (APLIN, 2000).

Os materiais detríticos depois de depositados nos sistemas lagunares podem, mesmo assim, constituir fonte sedimentar desde que a velocidade crítica de arranque das partículas seja ultrapassada. Este processo implica um maior hidrodinamismo do sistema, ficando confinado aos locais próximos das barras de maré ou às zonas menos profundas, sendo no primeiro caso os responsáveis as correntes de enchente e/ou vazante e no segundo a acção do vento que pode induzir ondulação capaz de ressuspender os sedimentos de fundo. Deste modo, materiais detríticos provenientes da erosão dos fundos, das margens, das barras de acreção, dos sapais ou dos rasos de maré constituem fonte sedimentar interna do sistema.

**Biogénicos** - corresponde a material proveniente da actividade biológica constituindo testemunhos biológicos orgânicos ou inorgânicos. Do primeiro salientam-se os restos de plantas e os restos de tecidos orgânicos de animais, enquanto do segundo faz parte material biogénico dos esqueletos inorgânicos (micro ou macrorestos) de diversos organismos, por exemplo: carapaças de foraminíferos e ostracodos, conchas de bivalves e gastrópodes, nanoplâncton calcário, frústulas de diatomáceas, dentes de peixes, escamas, ossos de vertebrados, exoesqueletos de crustáceos.

A componente biogénica dos sedimentos pode ter proveniência externa ao sistema, quer via fluvial quer via marinha. Destes últimos, as tanatocenoses de transporte veiculadas através da barra de maré constituem disso um exemplo: as associações de nanoplâncton calcário registadas nos sedimentos lagunares das Lagoas de Melides e Santo André no SW alentejano correspondem a uma contribuição biogénica marinha num sistema lagunar (FREITAS *et al.*, 1998, CRUCES, 2001, RIBEIRO *et al.*, 2005a, 2005b, 2005c). Por outro lado, como fonte biogénica interna salienta-se a produtividade do próprio sistema, que pode ocorrer na coluna de água ou nos sedimentos. Após a morte dos organismos, os micro e macrorestos de plantas e animais serão distribuídos em função da sua dimensão e do hidrodinamismo do sistema que tende a acumular os materiais mais ricos em matéria orgânica nos locais de menor hidrodinamismo (zonas mais profundas e/ou mais afastadas da influência da barra de maré). Nos sistemas lagunares/estuarinos a abundância do material biogénico (orgânico e inorgânico) será o reflexo do balanço entre: 1) a produtividade biológica na coluna de água e nos sedimentos; 2) o grau de “diluição” provocado pela incorporação de material não biogénico nos sedimentos, particularmente maior na proximidade das descargas fluviais enriquecidas em componente detrítica; 3) a hidrodinâmica do sistema; 4) a taxa de decomposição do material orgânico e inorgânico, dependente das condições físico-químicas, por exemplo: condições oxidantes/redutoras podem promover um aumento/diminuição da decomposição da

matéria orgânica, respectivamente ou, ainda, a ocorrência de pH baixos pode induzir fenómenos de dissolução de conchas/carapaças carbonatadas.

**Autigénicos** - a origem destes sedimentos é apenas interna. Correspondem a materiais formados inorganicamente na coluna de água ou nos sedimentos. Podem considerar-se como componentes autigénicos os óxidos e hidróxidos de Fe e Mn, precipitados na coluna de água ou na interface sedimento-água. Na água intersticial de sedimentos anóxicos as formas reduzidas, em solução, de Fe e Mn ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ) provenientes da dissolução dos óxidos e hidróxidos destes elementos passam por difusão para a coluna de água e, se atingidas condições oxidantes, ocorre precipitação na superfície do sedimento (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; APLIN, 2000). São igualmente autigénicos os materiais formados nos sedimentos superficiais que envolvem os componentes menos estáveis dos sedimentos durante as etapas iniciais do processo diagenético. Enquadra-se nesta descrição a precipitação de carbonatos, a formação de sulfuretos e fosfatos e as argilas neoformadas (APLIN, 2000).

**Cosmogénicos** - a origem destes sedimentos é sempre externa, pois correspondem a materiais cuja proveniência é exterior à atmosfera terrestre. Os sedimentos são formados por fragmentos de material extraterrestre, que resultam da desintegração de meteoritos por fenómenos de fricção e colisão após a entrada na nossa atmosfera. Estes fenómenos, ao induzirem aquecimento dos fragmentos, conferem-lhes forma arredondada. Segundo SEGAR (1998, *in* CORREDEIRA, 2002) a contribuição destas partículas para os sedimentos marinhos é muito escassa quando comparada com as restantes partículas de diferentes origens, pelo que nos ambientes lagunares/estuarinos, que constituem corpos hídricos de dimensões consideravelmente mais modestas, a contribuição deste tipo de material será, obviamente, ainda mais diminuta.

**Vulcanogénicos** - corresponde a partículas normalmente de pequenas dimensões (cinzas) expelidas durante a actividade vulcânica. Estas, pelas suas reduzidas dimensões e dependendo da altura que atingem ao serem expelidas, podem ser distribuídas como outras poeiras pelo transporte atmosférico distanciando-se da área fonte muitos quilómetros.

**Antropogénicos** - os ambientes lagunares/estuarinos desde sempre atraíram a atenção do Homem pelo que acolheram nas suas imediações grandes grupos populacionais que actualmente correspondem a comunidades com grande desenvolvimento industrial. Em consequência, os materiais antrópicos constituem, adicionalmente, uma fonte “emergente” para a sedimentação lagunar/estuarina. Estes materiais incluem por exemplo: materiais provenientes das águas residuais domésticas e industriais, partículas de carvão, poeiras, escombros de construções e uma diversidade de lixo doméstico e industrial. Em Nova York, na “Jamaica Bay” mais de 50% da laguna foi preenchida com resíduos sólidos (incluindo  $1,7 \times 10^6$  ton de lixo) em 1965 (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1971, *in* NICHOLS & BOON, 1994). O aumento da entrada de matéria orgânica e nutrientes nestes sistemas tem conduzido à ocorrência de fenómenos de eutrofização com consequentes episódios de aparecimento de “blooms” de algas responsáveis por induzirem condições extremas como fenómenos de anoxia. Adicionalmente, as actividades do Homem na área da bacia hidrográfica destes sistemas, como as campanhas de desflorestação maciça e as

desajustadas práticas agrícolas podem incrementar a taxa de acarreo detrítico, induzindo um aumento das taxas de sedimentação, assoreando rapidamente estes corpos hídricos, geralmente, de reduzidas dimensões e profundidade, abreviando a sua esperança de vida. Pelo contrário a implementação de barragens sem descarga de fundo ao longo das linhas de água induz um efeito inverso ao descrito, retirando sedimento à carga fluvial e consequentemente diminuindo a quantidade de partículas que chegam à zona costeira, diminuindo a taxa de sedimentação.

Os materiais provenientes da actividade antrópica desde tempos remotos até à actualidade (ex: despejos de lastros das caravelas durante a época dos descobrimentos, dragagens/aterros, alimentação artificial de praias lagunares/estuarinas), constituem do mesmo modo fontes de sedimentos, embora nestes casos, se idênticos aos provenientes através da rede hidrográfica torna-se difícil distinguir a sua origem terrígena ou antrópica.

Aos ambientes lagunares e estuarinos chegam materiais provenientes de fontes naturais e antrópicas principalmente através da rede fluvial (acarreo terrígeno). Estes ambientes, posicionados na zona de transição, entre o domínio “verdadeiramente” continental e o domínio “verdadeiramente” marinho, estabelecem uma relação unívoca com o primeiro (apenas recebem contribuição deste) e bionívoca com o segundo (trocas). O transporte atmosférico é um contribuinte ao qual se deve atribuir igualmente importância.

*Tabela A.II.1-2 - Propostas de classificação dos sedimentos de acordo com a sua fonte segundo vários autores, para diferentes ambientes.*

Autor (ano)	Ambiente	Fontes
FERGUNSON (1990)	Rios, lagos, oceanos	<b>Terrígena, Biogénica, Orgânica, Vulcanogénica, Autigénica, Cosmogénica.</b>
NICHOLS & BOON (1994)	Lagunas	<b>Externa:</b> fluvial (ribeiras e rios), marinha, margens, arribas, barreira (galgamentos), canais, dunas, rasos de maré, eólica, vulcânica, glacial, antropogénica. <b>Interna:</b> produção orgânica, precipitação química, margens, rasos de maré, sapais, depósitos relíquia, barra de maré, antropogénica.
APLIN (2000)	Oceanos	<b>Detrítica, Biogénica, Autigénica</b>
SEGAR (1998) in Correadeira (2002)	Oceanos	<b>Pelágica, Litogénica, Biogénica, Autigénica, Cosmogénica, Antropogénica.</b>

**Tabela A.II.1-3 - Classificação dos sedimentos de acordo com a sua fonte proposta neste trabalho para estuários e lagunas, proveniência, entrada dos sedimentos e tipo de material adicionado ao sistema.**

Fonte (Ambiente de Proveniência)				Entrada	Tipo de material/Processo
Externa	Terrígena ou Litogénica		Continental -Fluvial	Ribeiras e rios	Partículas detríticas continentais provenientes da bacia hidrográfica
			Continental-Glacial	Ribeiras e rios	Partículas detríticas continentais provenientes do transporte de glaciares (moreias)
			Litoral	Barra de maré	Partículas detríticas provenientes da erosão do litoral adjacente (arribas, barreira, praia)
				Barreira - galgamentos oceânicos de zonas de baixa altimetria (corredores de galgamento)	Partículas detríticas provenientes da barreira
				Eólica	Partículas detríticas transportados pelo vento do litoral adjacente + spray marinho
				Barreira - eólica	Partículas detríticas dunares
			Marinho	Barra de maré	Partículas detríticas provenientes da plataforma próxima
			Atmosférica		Transporte eólico de poeiras
	Biogénica	Inorgânica	Continental/Marinho	Ribeiras, rios, barra de maré, barreira	Material biogénico constituinte dos esqueletos inorgânicos
		Orgânica			Continental/Marinho
	Cosmogénica		Exterior	Atmosfera	Material exterior à atmosfera terrestre
	Vulcanogénica		Continental	Atmosfera	Cinzas e outros materiais detríticos expelidos durante a actividade vulcânica
	Antropogénica		Antropogénico	Ribeiras, rios, barra de maré, atmosfera	Materiais provenientes da actividade antrópica
Interna	Terrígena ou Litogénica		Interna		Partículas detríticas provenientes da erosão dos fundos, das margens, das barras de acreção, dos sapais ou dos rasos de maré
	Biogénica	Inorgânica			Material biogénico constituinte dos esqueletos inorgânicos
		Orgânica			Restos orgânicos de plantas e animais (tecidos moles)
	Autigénica				Material formado por precipitação química na coluna de água ou nos sedimentos; minerais neoformados no sedimento
	Antropogénica				Materiais provenientes da actividade antrópica (ex: dragagens/aterros, despejos de lastros das caravelas durante a época dos descobrimentos, alimentação artificial de praias lagunares/estuarinas)

### A.II.1.2 CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS

O estudo sedimentológico dos depósitos sedimentares apoia-se na avaliação de diferentes características (propriedades) físico-químicas e composicionais dos sedimentos, de forma a caracterizá-los e a inferir a dinâmica sedimentar que os originou. A determinação de parâmetros como o pH, o teor de carbonatos e de matéria orgânica, a dimensão e forma das partículas e o tipo



de argilas, constituem abordagens essenciais para a caracterização composicional e textural destes materiais.

#### A.II.1.2.1 pH

O pH da solução em contacto com os sedimentos afecta extraordinariamente a solubilidade de vários elementos e juntamente com o potencial de oxidação/redução do meio constituem os factores mais importantes no controlo da precipitação/dissolução de diversos compostos.

A presença de matéria orgânica no sedimento e consequentemente os processos de decomposição (mineralização) desta, são responsáveis pela libertação de CO<sub>2</sub>, que em meio aquoso vai promover a sua acidificação, afectando o valor de pH da solução. Nos ambientes costeiros com disponibilidade de Ferro e Sulfatos, pode ocorrer formação de pirite diagenética (FeS<sub>2</sub>), se atingidas condições redutoras. A posterior oxidação deste composto pode induzir a formação de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, conduzindo a uma diminuição do pH do meio aquoso.

A avaliação deste parâmetro é extremamente útil quando se processam estudos multidisciplinares, onde se combinam informações sedimentológicas, geoquímicas e paleoecológicas. No registo sedimentar, a componente bioclástica carbonatada (ex: foraminíferos) pode ver diminuído ou completamente removido o seu teor se as condições do meio se modificarem para parâmetros favoráveis à dissolução desta componente. Assim, o pH de um sedimento pode ser utilizado como um descritor extra na interpretação da variação do teor em carbonato de cálcio, devendo mesmo ser considerado quando se registam diminuições bruscas ou ausências de indicadores paleoecológicos como os foraminíferos de carapaça carbonatada.

Após pesquisa exaustiva em bibliografia da especialidade não foi possível encontrar nenhuma classificação especialmente estabelecida para o pH da solução dos sedimentos, pelo que neste trabalho, se adopta a classificação proposta por Pratolongo (*in* Costa, 1999), que se encontra generalizada em Portugal para a caracterização de solos, onde o autor estabelece 7 classes de pH (*Tabela A.II.1-4*).

*Tabela A.II.1-4 - Classificação dos sedimentos de acordo com o pH (classificação Pratolongo para solos, in Costa, 1991).*

pH	Classificação
4,5 ou menor	Hiperácido
4,6 - 5,5	Ácido
5,6 - 6,5	Subácido
6,6 - 7,5	Neutro
7,6 - 8,5	Subalcalino
8,6 - 9,5	Alcalino
9,6 ou maior	Hiperalcalino

#### A.II.1.2.2 Carbonatos

Os carbonatos nos sedimentos lagunares podem ter origem minerogénica interna/externa (minerais primários ou diagenéticos) ou biogénica interna/externa. Maioritariamente nos depocentros lagunares com sedimentos essencialmente vasosos, o teor de carbonatos reflecte a componente biogénica, sendo um óptimo descritor para analisar a produtividade dos organismos bentónicos/planctónicos carbonatados.

Na análise sedimentológica, a determinação do teor de carbonato de cálcio é efectuada utilizando HCl diluído (calcimetria). Este ácido reage rapidamente com o carbonato presente (excepto com a siderite) como calcite e aragonite e mais lentamente com dolomite, libertando-se  $\text{CO}_2$ . No entanto, o HCl reage igualmente com a matéria orgânica, especialmente se no processo se aquecer a amostra para acelerar a dissolução (BISUTTI *et al.*, 2004). Assim, os métodos que determinam o teor de carbonatos por diferença ponderal (diferença entre o peso inicial da amostra e o peso final), após ataque com HCl, devolvem valores superiores aos reais. Isto é consequência da exportação de outros iões (especialmente metais disponíveis em solução ácida) juntamente com o  $\text{Ca}^{2+}$  durante o processo de neutralização da solução em contacto com o sedimento. Por este facto, é preferível a utilização de métodos analíticos que avaliem o teor em carbonatos através da quantidade de  $\text{CO}_2$  libertada após ataque com o HCl (método gasométrico). A posterior comparação entre resultados obtidos por estes dois diferentes métodos deve, pois, ser feita com cautela.

Na bibliografia consultada não foi encontrada nenhuma classificação para o teor de carbonatos, pelo que neste trabalho se utilizarão as classes aqui definidas (**Tabela A.II.1-5**).

**Tabela A.II.1-5** - Classificação proposta para os sedimentos de acordo com o teor de carbonatos.

% Carbonatos	Classificação
> 20	Muito elevado
5 - 20	Elevado
2 - 5	Médio
< 2	Baixo

### A.II.1.2.3 Matéria Orgânica

Nos sedimentos, de uma forma geral o Carbono pode encontrar-se sob a forma de Carbono inorgânico (CI) ou Carbono orgânico (CO). O primeiro tipo faz parte de formas minerais como a calcite, dolomite, siderite, rodocrosite; o segundo inclui-se em restos orgânicos de animais, de plantas ou de outros microorganismos em vários estados de decomposição, bem como em várias formas de carbono elementar como o carvão e a grafite. Na matéria orgânica, o C constitui cerca de 48 a 60% do seu peso total (BISUTTI *et al.*, 2004), pelo que em numerosos casos se considera o valor de 58% para que a percentagem de C possa ser convertida em percentagem de matéria orgânica (ver métodos), multiplicando o teor do primeiro pelo factor de conversão 1,724 (Factor de Van Bemmelen - PÓVOAS e BARRAL, 1992). No entanto, HOWARD & HOWARD (1990, *in* SUTHERLAND, 1998) referem que a aplicação deste factor não é apropriada porque a natureza da matéria orgânica é extremamente variada, referindo BROADBENT (1953, *in* SUTHERLAND, 1998) erros tão elevados como 50%. Trabalhos experimentais mais recentes de comparação entre teores de CO e MO (SUTHERLAND, 1998) identificam um intervalo para o factor de conversão entre 1,03 e 16,13, com média de 2,96.

Existem várias formas de determinação do carbono orgânico total, apresentando e discutindo BISUTTI *et al.* (2004) os métodos mais recentes e importantes, com as respectivas vantagens e desvantagens. No presente trabalho, para a determinação do teor de matéria orgânica foi utilizado

um dos métodos de oxidação química (1) e o de incineração (“perca por ignição” - “loss on ignition - LOI” (2).

1) Oxidação química - foi utilizado o método em que a oxidação da matéria orgânica é conseguida adicionando-se uma mistura com dicromato de potássio e ácido sulfúrico. Este processo de oxidação é baseado no método “Walkley-Black - 1934” (BYERS *et al.*, 1978; BISUTTI *et al.*, 2004). BYERS (1978) refere que este método devolve apenas 76,6% do CO nas amostras analisadas, recomendando, inclusivamente o abandono do método. Outras dificuldades são reportadas por BISUTTI *et al.* (2004) e por FÖRSTNER & WITTMANN (1981); os primeiros referem que a presença de espécies reduzidas ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  de sulfuretos,  $\text{MnO}_2$ ) ou de componentes refractários de difícil oxidação nos sedimentos pode produzir interferências no ensaio; os segundos referem que não detecta cerca de 90-95% do carbono elementar presente sob a forma de grafite ou carvão. Deste modo, os resultados apenas devolvem um valor aproximado do teor de matéria orgânica presente no sedimento.

2) Incineração - foi utilizado o método de “perca por ignição” baseado no princípio que todo o CO é convertido em  $\text{CO}_2$  quando os sedimentos ficam sujeitos a uma determinada temperatura alvo, enquanto o CI permanece inalterado (a libertação de  $\text{CO}_2$  pelos carbonatos é negligenciável) e que não ocorre perda de água estrutural das argilas ou dos óxidos metálicos. A escolha de uma “temperatura alvo” não é fácil devendo-se ter em conta que a maior parte das substâncias húmicas da matéria orgânica resistem a temperaturas inferiores a 500°C e que a decomposição da calcite se inicia a partir dos 650°C (BUSITTI *et al.*, 2004), pelo que se devem escolher temperaturas intermédias. Na bibliografia, são diversas as temperaturas consideradas, bem como o tempo de exposição até oxidação completa do CO: GROSS (1971) - 550°C/4h; BYERS (1978) - 475-500°C/4-6h; SUTHERLAND (1998) - 450°C/10h; HEIRI (2001) - 550°C/4h; vários autores *in* BUSITTI *et al.* (2004) - 375 a 600°C/1 a 16h. As temperaturas próximas dos 500°C parecem pois reunir maior consenso, pelo que se optou no presente trabalho pela temperatura alvo de 500°C e por um tempo de exposição de 3h. No entanto, a baixas temperaturas, pode ocorrer perda de água estrutural das argilas (20-250°C - GÁAL *et al.*, 1994, *in* BISUTTI *et al.*, 2004) e dos óxidos (280°-400°C - SUTHERLAND, 1998) e mesmo libertação de  $\text{CO}_2$  de algumas espécies minerais carbonatadas como siderite, magnesite e rodocrosite (425°-520°C - SUTHERLAND, 1998), pelo que os resultados obtidos para o teor de matéria orgânica podem apresentar alguns erros, especialmente em sedimentos argilosos carbonatados.

Pelo exposto, o primeiro método subestima teores de MO, especialmente em sedimentos ricos em formas elementares de C (espécies carbonosas e grafite), enquanto o segundo pode sobrestimar os teores, especialmente em sedimentos argilosos carbonatados. Assim, em sedimentos essencialmente argilosos ricos em componente bioclástica, é preferível a utilização do primeiro, enquanto em sedimentos turfosos ou carbonosos pobres em carbonatos é preferível a utilização do segundo.

Na pesquisa exaustiva da bibliografia da especialidade apenas foram encontradas classificações de acordo com o teor de MO especialmente concebidos para solos (SHEFFER *in* SOARES, 1997; COSTA, 1999). No entanto, este é um parâmetro sedimentológico extremamente

importante nos sedimentos de ambientes aquáticos. Este parâmetro foi considerado uma variável essencial (juntamente com o azoto e o fósforo total) das características dos sedimentos na avaliação do grau de eutrofização e na inerente qualidade dos ecossistemas aquáticos, a par com outros parâmetros intrínsecos ao fitoplâncton, às macrófitas, ao macrobentos e à coluna de água (IFREMER, 2000, *in* AUSTONI *et al.*, 2004). Nessa classificação os ambientes são divididos em cinco níveis de qualidade: “very good” (estado muito bom sem alteração significativa por eutrofização, azul), “good” (estado bom, verde); “discrete” (estado médio, amarelo); “sufficient” (estado suficiente, laranja) e “very bad” (estado muito mau com forte degradação por eutrofização, vermelho). Os limites estabelecidos entre as classes consideradas para a matéria orgânica estão expressos na **Tabela A.II.1-6**, servindo esta grelha para comparação entre distintos sistemas lagunares ou mesmo entre várias zonas do mesmo sistema.

**Tabela A.II.1-6** - Classes de qualidade ambiental propostas para lagunas costeiras pelo IFREMER (2000 *in* AUSTONI *et al.*, 2004) ) de acordo com o teor de matéria orgânica nos sedimentos.

	Muito boa		Boa		Média		Suficiente		Muito má
Matéria Orgânica (%)		3.5		5.0		7.5		10.0	

Tendo em conta as classificações consultadas para os solos e a classificação de qualidade ambiental dos ambientes lagunares, propõe-se no âmbito desta tese uma classificação dos sedimentos lagunares de acordo com a percentagem de matéria orgânica total (**Tabela A.II.1-7**). São definidas 5 classes de sedimentos: “muito baixo” - %MO <1%; “baixo” - %MO de 1 a 3%; “moderado” - %MO de 3 a 5%; “elevado” - %MO de 5 a 10%; “muito elevado” - %MO >10%. As duas classes de teores mais baixos inserem-se na classe de melhor qualidade ambiental lagunar e a última insere-se na classe que revela o maior grau de eutrofização definido pelo IFREMER (2000, *in* AUSTONI *et al.*, 2004).

**Tabela A.II.1-7** - Classificação dos sedimentos de acordo com o teor de Matéria Orgânica, proposta neste trabalho.

Teor de Matéria Orgânica (%)	Classificação
> 10	Muito elevado
5 - 10	Elevado
3 - 5	Moderado
1 - 3	baixo
< 1	Muito baixo

#### A.II.1.2.4 Textura

Certas características dos sedimentos como a densidade, a forma, o tamanho e a rugosidade da superfície dos grãos são importantes no estudo dos depósitos sedimentares. No entanto, o tamanho das partículas é uma das propriedades mais importantes de sedimentos naturais não coesivos. Considera-se, de uma forma geral, que os sedimentos são essencialmente constituídos por quatro classes texturais (dimensionais) com comportamento mecânico distinto: cascalho, areia, silte e argila. Na literatura são várias as propostas de classificação com base na classe textural (*in* GALOPI DE CARVALHO, 1965): UDDEN (1898), WENTWORTH (1922), ATTENBERG (1927) e BOURCART. Mais tarde FRIEDMAN & SANDERS (1978) propõem uma classificação dimensional

estabelecendo 22 classes, posicionando os limites entre as principais classes nos 2mm ( $-1\phi$ ), 62 $\mu$ m ( $4\phi$ ) e 2 $\mu$ m ( $9\phi$ ), respectivamente.

- **Classificação dos sedimentos com componente importante de balastros**

Um sedimento é constituído por diferentes dimensões de partículas, pelo que as classificações baseadas apenas nas classes texturais não são suficientemente esclarecedoras relativamente à proporção de cada classe textural na amostra total. A utilização de diagramas ternários, em que cada vértice corresponde a 100% de uma classe textural, facilita a obtenção de um conjunto precioso de informações. Uma das propostas de classificação triangular é a de Folk (1974), em que o autor propõe 15 termos de classificação, assumindo fronteiras para a percentagem de cascalho em 80%, 30%, 5% e 0,01% e para a razão areia/vasa de 9:1, 1:1 e 1:9. Neste trabalho, adopta-se esta classificação, simplificando-a e subindo os limites de 5% e 0,01% para 20% e 5 %, respectivamente (**Figura A.II.1-2**), por se considerarem mais adequados ao presente trabalho. Os sedimentos que apresentam percentagens de balastros inferiores a 5% são classificados segundo a classificação de FLEMMING (2000) como sedimentos sem componente importante de balastros (ver ponto seguinte).

A forma das partículas é um parâmetro importante, principalmente, nos sedimentos não coesivos, pelo que constitui uma das abordagens a considerar nos estudos sedimentológicos. Este parâmetro é útil, pois encontra-se relacionando com o comportamento hidrodinâmico das partículas, fornecendo bases para a interpretação do regime hidrodinâmico do meio.

O estudo da forma da partículas sedimentares da classe dimensional dos balastros ( $>2\text{mm}$ ) denomina-se MORFOMETRIA.

Neste trabalho os dados morfométricos obtidos foram tratados e projectados para determinação:

- da Forma: Diagramas de Classificação da Forma de ZINGG (1935, *in* SUGUIO, 1982) e de Forma-Esfericidade de DOBKINGS & FOLK (1970);
- do Ambiente de sedimentação: gráfico de Esfericidade e Esfericidade versus OP de DOBKINGS & FOLK (1970) e gráfico de correlação inter-parâmetros elaborado por GALOPIM DE CARVALHO (1983) que relaciona achatamento *versus* desgaste de CAILLEUX.

Acresce a esta aproximação o estudo da natureza petrográfica dos balastros que não só permite estabelecer relacionamento com a fonte dos sedimentos (natureza geológica das formações do substrato) mas também as condições morfológicas e climáticas contemporâneas do depósito.

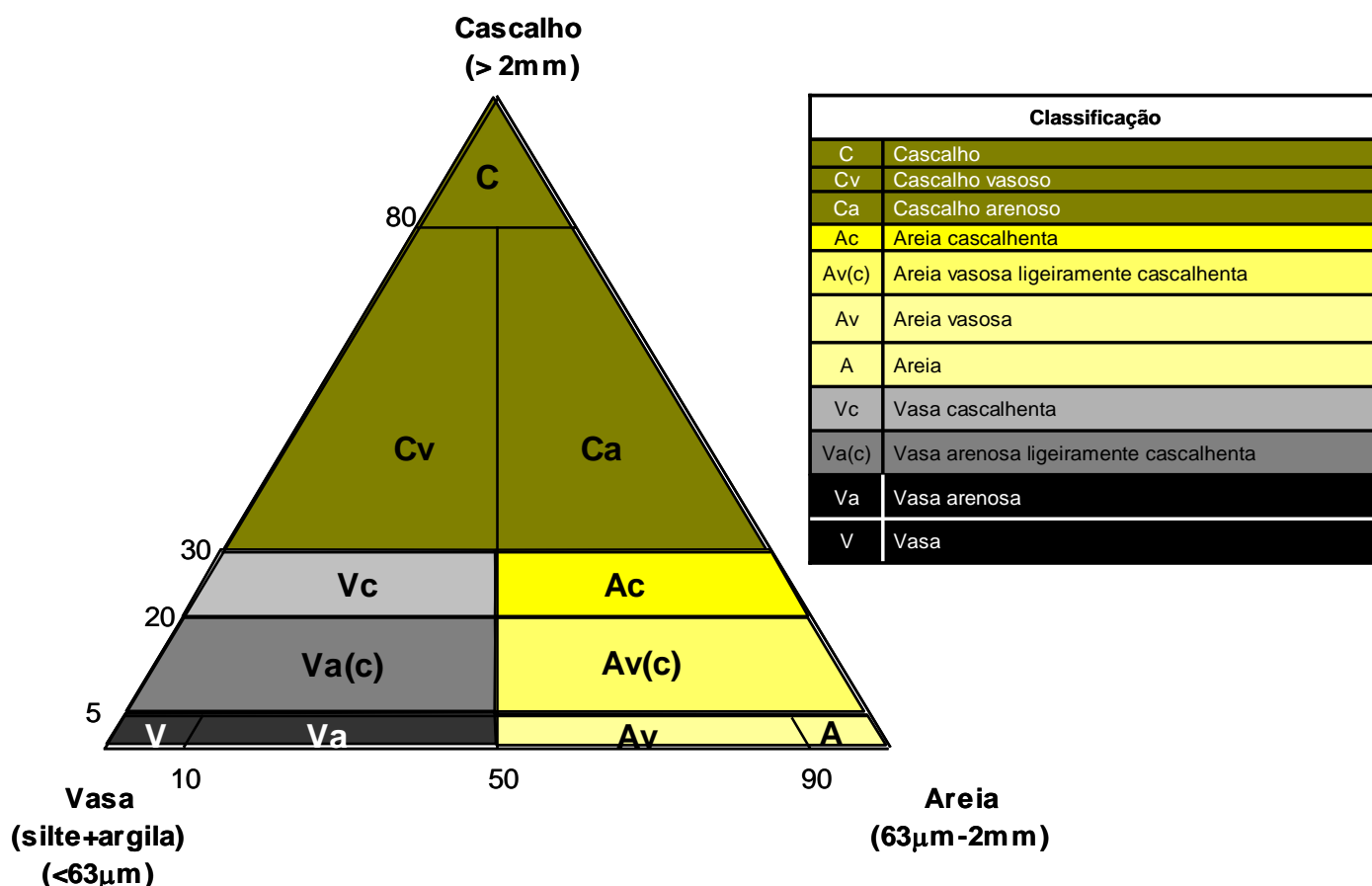
- **Classificação dos sedimentos sem componente importante de balastros**

A classificação dos sedimentos com teores elevados de partículas finas é, de modo geral, efectuada com recurso a diagramas triangulares e embora sejam vários os propostos na bibliografia (SHEPARD, 1954; FOLK, 1954; PETTIJOHN, 1975; PEJRUP, 1988; FLEMMING, 2000), utilizou-se o de FLEMMING (2000), que modificou e melhorou os esquemas classificativos anteriormente propostos. Nesta classificação o autor propõe 6 grupos “hidrodinâmicos” com base na razão silte/argila -

Grupos I a VI, correspondendo o último ao de menor hidrodinamismo (**Figura A.II.1-3**). Cada grupo é depois sub-dividido em zonas - Zonas A a D, dependendo da percentagem de areia (utilizada como indicador hidrodinâmico principal), com limites em 95%, 75%, 50%, 25% e 5%, correspondendo a zona A aos níveis mais energéticos. Ficam assim definidas 25 Classes texturais (**Figura A.II.1-3**), que possibilitam uma avaliação do hidrodinamismo do meio de deposição, correspondente à velocidade da corrente e turbulência gerada pelas ondas.

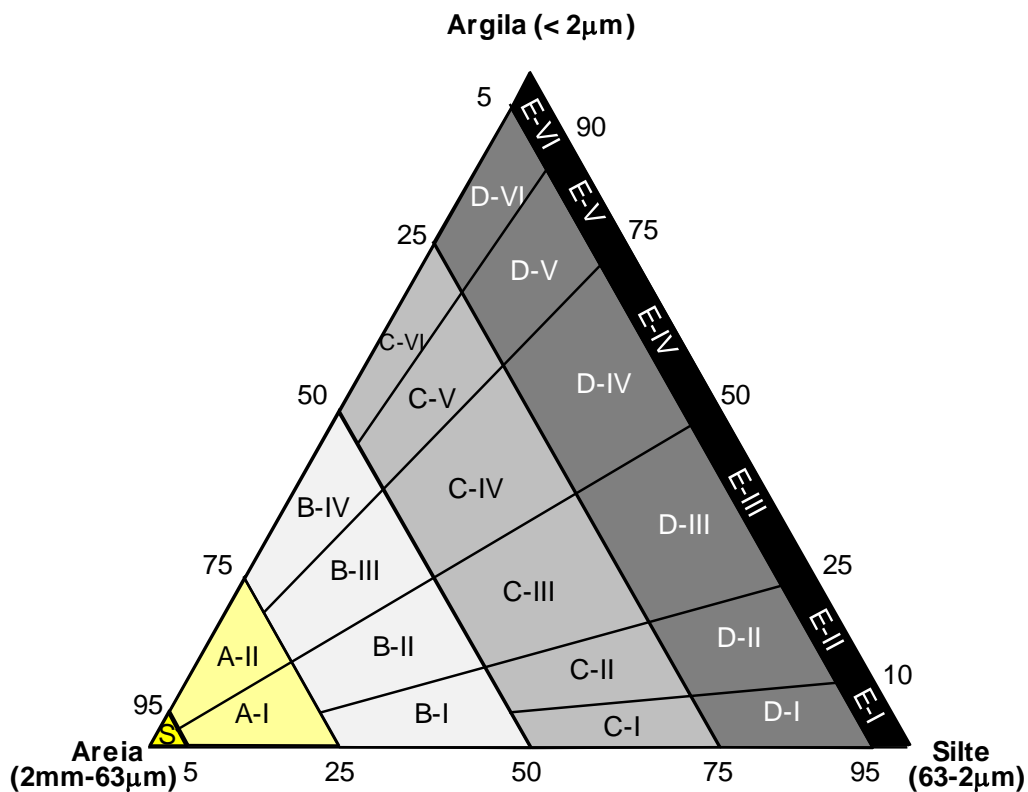
FLEMMING (2000) considera o limite silte/argila para projecção nos diagramas de  $2\mu\text{m}$  (proposto por FRIEDMAN & SANDERS, 1978), e não como PUJRUP (1988) que utiliza o de  $4\mu\text{m}$ .

As características texturais dos sedimentos derivadas de métodos estatísticos como a média, o desvio padrão (calibragem), a assimetria e a curtose foram calculadas pelo método gráfico (FOLK & WARD, 1957), utilizando o programa GRAN GRAF (CARVALHO, 1998) e as duas primeiras são classificadas de acordo com as propostas de FRIEDMAN & SANDERS (1978), enquanto as duas últimas são classificadas segundo as escalas propostas por FOLK & WARD (1957). A utilização de parâmetros estatísticos como a média, o desvio padrão, a assimetria e a curtose, permitem, se combinados em gráficos de correlação inter-parâmetros, definir distintos ambientes sedimentares.



**Figura A.II.1-2** - Diagrama triângular modificado de FOLK (1974) para a classificação dos sedimentos com importante componente grosseira e classificação dos diferentes tipos considerados.

Classe textural (razão areia/vasa)	Classe textural (razões areia/silte/argila)
Areia	S Areia
Areia ligeiramente vasosa	A-I Areia pouco siltosa
	A-II Areia pouco argilosa
Areia vasosa	B-I Areia muito siltosa
	B-II Areia siltosa
	B-III Areia argilosa
	B-IV Areia muito argilosa
Vasa arenosa	C-I Vasa arenosa extremamente siltosa
	C-II Vasa arenosa muito siltosa
	C-III Vasa areno-siltosa
	C-IV Vasa areno-argilosa
	C-V Vasa arenosa muito argilosa
	C-VI Vasa arenosa extremamente argilosa
Vasa ligeiramente arenosa	D-I Vasa pouco arenosa extremamente siltosa
	D-II Vasa pouco arenosa muito siltosa
	D-III Vasa pouco areno-siltosa
	D-IV Vasa pouco areno-argilosa
	D-V Vasa pouco arenosa muito argilosa
	D-VI Vasa pouco arenosa extremamente argilosa
Vasa	E-I Silte
	E-II Silte pouco argiloso
	E-III Silte argiloso
	E-IV Argila siltosa
	E-V Argila pouco siltosa
	E-VI Argila



**Figura A.II.1-3 - Diagrama triangular de FLEMMING (2000) para a classificação dos sedimentos sem importante componente cascalhenta e classificação dos diferentes tipos considerados.**



## A.II.2 LAGOA DE MELIDES

### A.II.2.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS

**Tabela A.II.2-1 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos recolhidos a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostras	% "Areia" (>63µm)	% "Finos" (<63µm)	segundo Classificação de Flemming (2000)	pH		Teor de Matéria Orgânica		% CaCO <sub>3</sub>	
						Titulação	Classificação	%	Classificação
MBH	99,6	0,4	Areia	8,43	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,4	Baixo
M2H	99,0	1,0	Areia	8,43	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	1,4	Baixo
M3H	21,7	78,3	Vasa pouco Arenosa	7,51	Subalcalino	5,1	Elevado	0,8	Baixo
M5H	6,1	93,9	Vasa pouco Arenosa	7,16	Neutro	12,1	Muito elevado	4,3	Moderado
M6H	8,6	91,4	Vasa pouco Arenosa	7,24	Neutro	11,3	Muito elevado	7,2	Elevado
M7H	6,6	93,4	Vasa pouco Arenosa	6,99	Neutro	12,8	Muito elevado	2,3	Moderado
M8H	6,4	93,6	Vasa pouco Arenosa	7,22	Neutro	7,7	Elevado	0,3	Baixo
M9H	58,0	42,0	Areia Vasosa	7,22	Neutro	5,4	Elevado	0,4	Baixo
M10H	86,5	13,5	Areia pouco Vasosa	7,44	Neutro	0,9	Muito Baixo	0,7	Baixo
M11H	72,5	27,5	Areia Vasosa	7,53	Subalcalino	2,2	Baixo	0,2	Baixo
M12H	11,3	88,7	Vasa pouco Arenosa	6,55	Neutro	24,2	Muito elevado	0,1	Baixo

**Tabela A.II.2-2 - Percentagem das diferentes classes granulométricas da fracção <63µm das amostras de sedimentos lagunares recolhidos a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostras	% Siltes						% argilas (<2µm)	argila/ silte
	Total (63-2mm)	Muito grosseiros (63-32µm)	Grosseiros (32-16µm)	Médio (16-8µm)	Fino (8-4µm)	Muito fino (4-2µm)		
MBH	0,3	0,06	0,10	0,09	0,05	0,03	0,03	0,08
M2H	0,9	0,12	0,22	0,25	0,22	0,14	0,10	0,10
M3H	66,8	6,27	13,19	17,51	17,30	12,51	11,50	0,17
M5H	83,9	12,15	19,98	21,05	18,42	12,28	9,99	0,12
M6H	80,9	10,37	18,67	20,19	18,79	12,88	10,47	0,13
M7H	82,5	10,91	18,42	20,72	19,11	13,38	10,89	0,13
M8H	77,0	3,42	9,67	18,67	24,97	20,29	16,58	0,22
M9H	38,3	5,12	9,38	10,30	8,49	5,02	3,74	0,10
M10H	11,9	1,37	2,71	3,16	2,82	1,87	1,57	0,13
M11H	24,5	3,96	5,86	5,94	5,19	3,51	3,06	0,13
M12H	79,5	11,20	18,01	19,80	18,31	12,17	9,19	0,12

**Tabela A.II.2-3 - Parâmetros granulométricos obtidos pelo método gráfico e classificação da componente grosseira ( $>63\mu\text{m}$ ) das amostras de sedimentos lagunares recolhidos a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostras	Diametr o médio (M <sub>Z</sub> ):	Grau de dispersão (s <sub>1</sub> ):	Assimetria (SK <sub>1</sub> ):	Curtose (K <sub>S</sub> ):	Simple sorting meassure (SSM):	Simple skewness meassure (SKM):	Conclusões do método gráfico:			
MBH	-0,07	0,36	0,15	1,10	0,61	0,20	Areia muito grosseira	Bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
M2H	0,36	0,76	0,38	1,17	1,31	1,13	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica
M3H	2,16	1,01	-0,22	1,05	1,70	-0,90	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
M5H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M6H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M7H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M8H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M9H	2,13	1,04	-0,16	0,93	1,68	-0,69	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
M10H	0,91	0,90	0,31	1,21	1,50	0,96	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica
M11H	1,98	0,67	0,14	1,26	1,21	0,54	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
M12H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## A.II.2.2 SONDAGENS “CURTAS”

**Tabela A.II.2-4 - Resultados da análise sedimentológica (parâmetros texturais e composicionais) dos sedimentos da sondagem “curta” LM6, recolhida a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Refª Amostras	% "Areia" (>63µm)	% "Finos" (<63µm)	segundo Classificação de Flemming (2000)	pH		Teor de Matéria Orgânica (%)				% CaCO <sub>3</sub>	
						Titulação	Classificação	Mufla	Classificação	%	Classificação
0-5	4,2	95,8	Vasa	7,41	Neutro	10,1	Muito elevado	13,0	Muito elevado	0,0	Baixo
5-6	3,7	96,3	Vasa	7,38	Neutro	8,7	Elevado	12,5	Muito elevado	0,0	Baixo
6-7	3,7	96,3	Vasa	7,46	Neutro	9,7	Elevado	12,5	Muito elevado	0,0	Baixo
7-8	5,2	94,8	Vasa pouco Arenosa	7,40	Neutro	10,2	Muito elevado	13,0	Muito elevado	5,5	Elevado
8-9	8,1	91,9	Vasa pouco Arenosa	7,39	Neutro	10,0	Muito elevado	13,8	Muito elevado	8,1	Elevado
9-10	13,4	86,6	Vasa pouco Arenosa	7,48	Neutro	8,6	Elevado	13,0	Muito elevado	9,3	Elevado
10-11	5,1	94,9	Vasa pouco Arenosa	7,55	Subalcalino	7,2	Elevado	10,3	Muito elevado	4,6	Moderado
11-12	3,7	96,3	Vasa	7,71	Subalcalino	6,7	Elevado	9,0	Elevado	0,0	Baixo
12-13	2,2	97,8	Vasa	7,80	Subalcalino	5,0	Elevado	9,0	Elevado	0,0	Baixo
13-14	1,9	98,1	Vasa	7,80	Subalcalino	6,1	Elevado	9,0	Elevado	0,0	Baixo
14-15	1,7	98,3	Vasa	7,90	Subalcalino	5,4	Elevado	8,0	Elevado	0,0	Baixo
15-16	0,7	99,3	Vasa	7,93	Subalcalino	4,5	Moderado	7,6	Elevado	0,0	Baixo
16-17	0,8	99,2	Vasa	7,96	Subalcalino	4,3	Moderado	7,5	Elevado	0,0	Baixo
17-18	0,8	99,2	Vasa	7,93	Subalcalino	4,3	Moderado	7,5	Elevado	0,0	Baixo
18-19	0,9	99,1	Vasa	7,92	Subalcalino	4,1	Moderado	6,9	Elevado	0,0	Baixo
19-20	0,7	99,3	Vasa	7,93	Subalcalino	3,9	Moderado	5,9	Elevado	0,0	Baixo
20-21	0,9	99,1	Vasa	7,88	Subalcalino	4,6	Moderado	6,8	Elevado	0,0	Baixo
21-22	1,0	99,0	Vasa	7,91	Subalcalino	4,8	Moderado	7,8	Elevado	0,0	Baixo
22-23	1,1	98,9	Vasa	7,90	Subalcalino	5,7	Elevado	7,2	Elevado	0,0	Baixo
23-24	1,1	98,9	Vasa	7,95	Subalcalino	4,4	Moderado	7,4	Elevado	1,4	Baixo
24-25	1,5	98,5	Vasa	7,95	Subalcalino	4,9	Moderado	8,0	Elevado	1,5	Baixo
25-26	2,0	98,0	Vasa	7,93	Subalcalino	5,0	Elevado	7,4	Elevado	0,8	Baixo
26-27	1,3	98,7	Vasa	7,88	Subalcalino	4,3	Moderado	7,2	Elevado	0,6	Baixo
27-28	0,9	99,1	Vasa	7,89	Subalcalino	5,6	Elevado	7,6	Elevado	0,5	Baixo
28-29	1,2	98,8	Vasa	7,89	Subalcalino	4,9	Moderado	8,2	Elevado	0,4	Baixo
29-30	1,5	98,5	Vasa	7,91	Subalcalino	5,4	Elevado	7,2	Elevado	0,5	Baixo
30-31	2,7	97,3	Vasa	7,86	Subalcalino	5,0	Moderado	8,7	Elevado	1,4	Baixo
31-32	1,6	98,4	Vasa	7,84	Subalcalino	6,5	Elevado	8,2	Elevado	0,8	Baixo
32-33	1,1	98,9	Vasa	7,91	Subalcalino	6,2	Elevado	8,9	Elevado	0,5	Baixo
33-34	1,0	99,0	Vasa	7,86	Subalcalino	5,2	Elevado	8,8	Elevado	0,4	Baixo
34-35	1,7	98,3	Vasa	7,85	Subalcalino	6,5	Elevado	9,2	Elevado	1,0	Baixo
35-36	1,4	98,6	Vasa	7,89	Subalcalino	6,8	Elevado	8,5	Elevado	1,6	Baixo
36-37	1,2	98,8	Vasa	7,85	Subalcalino	6,5	Elevado	8,7	Elevado	1,4	Baixo
37-38	1,4	98,6	Vasa	7,88	Subalcalino	6,8	Elevado	9,3	Elevado	2,1	Moderado
38-39	1,8	98,2	Vasa	7,84	Subalcalino	6,9	Elevado	8,1	Elevado	3,2	Moderado
39-40	1,8	98,2	Vasa	7,80	Subalcalino	8,0	Elevado	9,1	Elevado	4,0	Moderado

**Tabela A.II.2-4 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica (parâmetros texturais e composicionais) dos sedimentos da sondagem “curta” LM6, recolhida a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Refª Amostras	% "Areia" (>63µm)	% "Finos" (<63µm)	segundo Classificação de Flemming (2000)	pH		Teor de Maréria Orgânica (%)				% CaCO <sub>3</sub>	
						Titulação	Classificação	Mufla	Classificação	%	Classificação
40-41	2,2	97,8	Vasa	7,85	Subalcalino	8,6	Elevado	8,9	Elevado	3,8	Moderado
41-42	2,9	97,1	Vasa	7,83	Subalcalino	9,4	Elevado	9,7	Elevado	4,4	Moderado
42-43	2,5	97,5	Vasa	7,86	Subalcalino	9,1	Elevado	10,0	Muito elevado	2,6	Moderado
43-44	2,3	97,7	Vasa	7,88	Subalcalino	9,8	Elevado	10,1	Muito elevado	2,0	Baixo
44-45	3,0	97,0	Vasa	7,92	Subalcalino	9,1	Elevado	10,2	Muito elevado	1,7	Baixo
45-46	2,6	97,4	Vasa	7,87	Subalcalino	9,4	Elevado	10,2	Muito elevado	1,5	Baixo
46-47	2,5	97,5	Vasa	7,89	Subalcalino	10,3	Muito elevado	11,1	Muito elevado	1,1	Baixo
47-48	2,7	97,3	Vasa	7,86	Subalcalino	10,9	Muito elevado	11,3	Muito elevado	0,0	Baixo
48-49	3,1	96,9	Vasa	7,81	Subalcalino	9,4	Elevado	11,1	Muito elevado	0,0	Baixo
49-50	2,5	97,5	Vasa	7,90	Subalcalino	9,6	Elevado	11,2	Muito elevado	0,0	Baixo
50-51	2,7	97,3	Vasa	7,79	Subalcalino	9,8	Elevado	11,9	Muito elevado	0,0	Baixo
51-52	3,3	96,7	Vasa	7,90	Subalcalino	10,1	Muito elevado	11,2	Muito elevado	0,7	Baixo
52-53	2,9	97,1	Vasa	7,90	Subalcalino	10,4	Muito elevado	11,3	Muito elevado	0,5	Baixo
53-54	2,6	97,4	Vasa	7,90	Subalcalino	9,8	Elevado	11,3	Muito elevado	0,0	Baixo
54-55	3,3	96,7	Vasa	7,91	Subalcalino	9,6	Elevado	11,1	Muito elevado	0,0	Baixo
55-56	4,4	95,6	Vasa	7,97	Subalcalino	8,6	Elevado	11,5	Muito elevado	0,0	Baixo
56-57	4,7	95,3	Vasa	7,90	Subalcalino	8,8	Elevado	10,9	Muito elevado	0,0	Baixo
57-58	5,1	94,9	Vasa pouco Arenosa	7,97	Subalcalino	8,8	Elevado	11,2	Muito elevado	0,0	Baixo
58-59	4,6	95,4	Vasa	7,87	Subalcalino	8,5	Elevado	11,8	Muito elevado	0,0	Baixo
59-60	4,1	95,9	Vasa	7,90	Subalcalino	8,3	Elevado	10,4	Muito elevado	0,0	Baixo
60-61	3,9	96,1	Vasa	7,91	Subalcalino	7,3	Elevado	10,2	Muito elevado	0,0	Baixo
61-62	4,7	95,3	Vasa	7,89	Subalcalino	6,2	Elevado	9,0	Elevado	0,0	Baixo
62-63	5,8	94,2	Vasa pouco Arenosa	7,83	Subalcalino	6,2	Elevado	8,6	Elevado	0,0	Baixo
63-64	3,5	96,5	Vasa	7,92	Subalcalino	6,1	Elevado	8,0	Elevado	0,0	Baixo
64-65	3,0	97,0	Vasa	7,86	Subalcalino	8,1	Elevado	8,4	Elevado	0,0	Baixo
65-66	2,2	97,8	Vasa	7,92	Subalcalino	8,7	Elevado	9,3	Elevado	0,0	Baixo
66-67	2,5	97,5	Vasa	7,96	Subalcalino	6,8	Elevado	8,7	Elevado	0,3	Baixo
67-68	2,2	97,8	Vasa	7,85	Subalcalino	7,3	Elevado	9,4	Elevado	0,0	Baixo
68-69	2,9	97,1	Vasa	7,89	Subalcalino	9,0	Elevado	10,0	Elevado	0,3	Baixo
69-70	2,7	97,3	Vasa	7,88	Subalcalino	9,7	Elevado	9,8	Elevado	1,0	Baixo
70-71	3,3	96,7	Vasa	7,85	Subalcalino	9,1	Elevado	9,0	Elevado	0,0	Baixo
71-72	3,0	97,0	Vasa	7,86	Subalcalino	6,8	Elevado	6,8	Elevado	0,0	Baixo
72-73	3,3	96,7	Vasa	7,94	Subalcalino	5,6	Elevado	7,2	Elevado	1,5	Baixo
73-74	3,2	96,8	Vasa	8,00	Subalcalino	5,5	Elevado	8,3	Elevado	0,8	Baixo
74-75	2,0	98,0	Vasa	7,88	Subalcalino	5,8	Elevado	8,3	Elevado	0,0	Baixo
75-76	1,6	98,4	Vasa	7,91	Subalcalino	6,0	Elevado	7,8	Elevado	0,0	Baixo
76-77	1,2	98,8	Vasa	7,92	Subalcalino	6,3	Elevado	8,2	Elevado	0,8	Baixo
77-78	1,1	98,9	Vasa	7,86	Subalcalino	4,6	Moderado	7,7	Elevado	0,5	Baixo
78-79	1,0	99,0	Vasa	7,97	Subalcalino	5,0	Moderado	7,8	Elevado	0,3	Baixo
79-80	1,4	98,6	Vasa	7,96	Subalcalino	5,3	Elevado	9,0	Elevado	0,5	Baixo
80-81	0,9	99,1	Vasa	7,91	Subalcalino	4,6	Moderado	7,0	Elevado	0,0	Baixo
81-82	1,4	98,6	Vasa	7,89	Subalcalino	5,8	Elevado	7,7	Elevado	0,0	Baixo

**Tabela A.II.2-5 - Percentagem das diferentes classes granulométricas da fracção <63 $\mu$ m das amostras dos sedimentos da sondagem “curta” LM6, recolhida a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostras	% Siltes						% argilas (<2 $\mu$ m)	argila/silte
	Total (63-2 $\mu$ m)	Muito grosseiros (63-32 $\mu$ m)	Grosseiros (32-16 $\mu$ m)	Médios (16-8 $\mu$ m)	Finos (8-4 $\mu$ m)	Muito finos (4-2 $\mu$ m)		
0-5	85,7	9,7	20,1	23,1	20,0	12,8	10,1	0,12
5-6	85,9	10,9	18,9	22,5	20,4	13,2	10,4	0,12
6-7	85,9	7,9	19,5	24,2	21,0	13,4	10,4	0,12
7-8	85,4	7,4	19,2	24,7	21,2	12,9	9,4	0,11
8-9	82,4	8,0	18,9	23,1	19,9	12,4	9,5	0,12
9-10	75,8	6,2	16,3	20,9	19,4	13,0	10,8	0,14
10-11	81,0	6,4	17,3	21,5	20,7	15,1	13,9	0,17
11-12	81,2	6,8	16,9	20,8	21,0	15,7	15,1	0,19
12-13	80,7	7,0	16,0	20,5	20,9	16,4	17,1	0,21
13-14	79,6	6,2	14,6	20,1	21,5	17,3	18,5	0,23
14-15	80,2	4,4	13,8	21,1	23,1	17,9	18,1	0,23
15-16	81,4	2,5	13,5	24,1	24,3	17,0	17,9	0,22
16-17	79,5	3,6	12,5	21,4	23,6	18,4	19,8	0,25
17-18	81,9	5,5	14,9	22,6	22,4	16,4	17,3	0,21
18-19	85,4	7,8	19,1	23,8	20,7	14,0	13,7	0,16
19-20	85,7	8,2	19,9	23,9	20,2	13,5	13,6	0,16
20-21	85,9	7,9	18,9	23,8	21,1	14,1	13,2	0,15
21-22	85,2	9,1	19,2	22,7	20,2	14,1	13,8	0,16
22-23	81,8	5,3	17,8	22,4	20,8	15,7	17,0	0,21
23-24	80,6	5,9	14,8	20,7	21,9	17,4	18,2	0,23
24-25	80,2	4,7	15,4	21,7	21,7	16,8	18,2	0,23
25-26	79,9	6,2	14,9	20,6	21,4	16,8	18,0	0,23
26-27	82,6	7,2	15,7	21,5	22,0	16,3	16,1	0,20
27-28	80,2	4,1	13,1	20,4	23,4	19,2	18,9	0,24
28-29	81,7	6,2	13,9	20,9	22,9	17,7	17,1	0,21
29-30	82,5	5,6	13,7	21,7	23,8	17,6	16,0	0,19
30-31	80,7	5,5	13,3	20,9	23,3	17,7	16,6	0,21
31-32	82,0	5,9	13,8	20,9	23,5	18,0	16,4	0,20
32-33	80,0	6,7	13,1	19,2	22,3	18,6	19,0	0,24
33-34	78,0	5,8	12,6	18,7	21,9	18,9	21,1	0,27
34-35	77,8	6,9	12,7	18,0	21,4	18,8	20,6	0,26
35-36	81,8	7,3	14,0	20,0	22,7	17,9	16,7	0,20
36-37	79,1	4,0	11,4	19,5	24,1	20,2	19,7	0,25
37-38	78,2	5,2	12,1	19,2	22,6	19,0	20,4	0,26
38-39	81,7	5,1	13,1	20,8	24,0	18,7	16,5	0,20
39-40	80,9	5,1	13,2	20,8	23,3	18,4	17,4	0,21

**Tabela A.II.2-5 (continuação) - Percentagem das diferentes classes granulométricas da fracção <63µm das amostras dos sedimentos da sondagem “curta” LM6, recolhida a 26 de Junho de 2003, na laguna de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostras	% Siltes						% argilas (<2µm)	argila/silte
	Total (63-2µm)	Muito grosseiros (63-32µm)	Grosseiros (32-16µm)	Médios (16-8µm)	Finos (8-4µm)	Muito finos (4-2µm)		
40-41	80,6	6,2	14,0	20,1	22,5	18,0	17,2	0,21
41-42	78,6	5,5	13,5	19,8	22,0	17,9	18,5	0,23
42-43	81,1	6,5	14,9	20,5	22,0	17,2	16,4	0,20
43-44	80,2	6,7	14,1	19,6	21,9	17,8	17,5	0,22
44-45	81,0	5,4	14,1	20,9	22,8	17,9	16,1	0,20
45-46	82,7	7,4	15,3	20,7	22,3	17,1	14,7	0,18
46-47	81,4	6,7	14,9	20,4	22,0	17,4	16,2	0,20
47-48	80,7	7,1	15,2	20,2	21,2	17,0	16,6	0,21
48-49	82,1	8,4	16,1	20,3	21,1	16,2	14,8	0,18
49-50	82,1	6,2	14,9	20,9	22,6	17,5	15,4	0,19
50-51	84,5	9,3	17,9	21,3	20,7	15,3	12,8	0,15
51-52	80,3	6,3	14,2	20,2	22,1	17,5	16,4	0,20
52-53	80,5	7,3	16,0	20,1	20,5	16,5	16,6	0,21
53-54	79,2	8,6	15,3	18,9	19,9	16,5	18,2	0,23
54-55	81,2	8,1	16,6	20,3	20,4	15,9	15,5	0,19
55-56	83,5	10,4	17,7	21,3	20,3	13,9	12,1	0,14
56-57	83,3	8,2	17,1	21,7	21,3	15,0	12,0	0,14
57-58	82,2	7,3	15,9	21,6	22,0	15,5	12,7	0,15
58-59	81,5	8,1	16,4	20,8	20,9	15,3	13,9	0,17
59-60	84,3	9,9	18,4	21,6	20,5	14,0	11,6	0,14
60-61	82,7	10,8	19,5	20,5	18,4	13,5	13,4	0,16
61-62	84,8	15,7	21,1	19,8	16,8	11,4	10,5	0,12
62-63	84,4	13,5	21,5	21,0	17,3	11,2	9,8	0,12
63-64	85,8	11,1	20,4	22,2	19,3	12,8	10,7	0,13
64-65	81,9	6,8	15,0	20,9	22,4	16,8	15,1	0,18
65-66	80,5	6,4	13,7	19,9	22,5	18,0	17,3	0,21
66-67	80,1	5,5	12,7	19,8	23,3	18,8	17,4	0,22
67-68	79,4	5,0	13,3	20,1	22,6	18,4	18,4	0,23
68-69	79,6	5,8	15,0	20,4	21,4	17,1	17,5	0,22
69-70	82,8	7,5	17,5	21,6	20,8	15,4	14,5	0,18
70-71	81,2	6,3	15,5	21,2	21,7	16,4	15,5	0,19
71-72	81,8	6,3	15,9	21,6	21,8	16,2	15,2	0,19
72-73	79,4	5,7	14,1	20,4	21,8	17,3	17,3	0,22
73-74	80,7	5,0	15,7	21,7	21,8	16,5	16,0	0,20
74-75	80,0	5,5	13,9	20,2	22,4	17,9	18,0	0,22
75-76	79,0	4,1	13,0	20,2	23,0	18,8	19,3	0,24
76-77	81,6	5,5	13,5	20,7	23,5	18,3	17,1	0,21
77-78	79,9	4,2	12,7	20,8	23,6	18,5	19,0	0,24
78-79	79,3	4,4	12,5	20,6	23,3	18,6	19,7	0,25
79-80	80,1	4,6	13,2	21,0	23,2	18,1	18,5	0,23
80-81	82,1	5,0	14,4	22,6	23,1	17,0	17,0	0,21
81-82	80,2	4,5	13,7	21,7	22,8	17,6	18,4	0,23

## A.II.2.3 SONDAGENS “LONGAS”

**Tabela A.II.2-6 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem “longa” MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Refª	Profundidade média (m)	Cota absoluta (m)(NMM)	% Grosseiros (>63µm)	% Balastros (>2mm)	% Areia (2mm- 63µm)	% Finos ( $<63\mu\text{m}$ )	% Siltes (63-2µm)	% Argilas (2µm)	argila/ silte	segundo Classificação de Flemming (2000)	Classificação FOLK, FLEMMING
1.16	1,7	C	0,40-0,42	0,410	2,450	99,3	0,0	99,3	0,7				Areia	Areia
			0,90-0,92	0,910	1,950	99,3	0,0	99,3	0,7				Areia	Areia
			1,48-1,50	1,490	1,370	99,6	0,0	99,6	0,4				Areia	Areia
		B	1,98-2,00	1,990	0,870	99,0	0,0	99,0	1,0				Areia	Areia
			2,51-2,52	2,515	0,345	15,8	0,0	15,8	84,2	77,6	6,5	0,08	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
			2,57-2,58	2,575	0,285	34,0	0,0	34,0	66,0	60,3	5,7	0,09	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			2,80-2,82	2,810	0,050	98,8	1,7	97,1	1,2				Areia	Areia
			3,30-3,32	3,310	-0,450	99,0	0,1	98,8	1,0				Areia	Areia
			3,62-3,64	3,630	-0,770	99,6	0,0	99,6	0,4				Areia	Areia
3,80-3,82	3,810		-0,950	90,1	0,2	89,8	9,9				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa		
4,00-4,02	4,010		-1,150	95,1	0,0	95,1	4,9	4,5	0,4	0,09	Areia	Areia		
4,40-4,42	4,410		-1,550	96,4	0,4	96,0	3,6				Areia	Areia		
5,00-5,02	5,010		-2,150	96,9	3,5	93,4	3,1				Areia	Areia		
5,20-5,22	5,210		-2,350	98,5	1,3	97,2	1,5				Areia	Areia		
-2,60	5,44	IV	5,70-5,72	5,710	-2,850	99,3	1,9	97,4	0,7				Areia	Areia
			7,34-7,35	7,345	-4,485	98,0	1,0	97,0	2,0				Areia	Areia
			7,84-7,85	7,845	-4,985	99,6	0,7	98,9	0,4				Areia	Areia
		A	8,34-8,35	8,345	-5,485	99,7	0,4	99,3	0,3				Areia	Areia
			8,84-8,85	8,845	-5,985	99,7	0,0	99,7	0,3				Areia	Areia
			9,34-9,35	9,345	-6,485	98,0	0,5	97,4	2,0				Areia	Areia
			9,84-9,85	9,845	-6,985	99,2	0,0	99,2	0,8				Areia	Areia
			10,42-10,43	10,425	-7,565	99,1	0,1	99,0	0,9				Areia	Areia
			10,92-10,93	10,925	-8,065	98,2	0,0	98,2	1,8				Areia	Areia
			11,42-11,43	11,425	-8,565	99,1	0,2	98,9	0,9				Areia	Areia
			12,93-12,94	12,935	-10,075	99,5	0,7	98,7	0,5				Areia	Areia
			13,42-13,43	13,425	-10,565	99,6	0,2	99,4	0,4				Areia	Areia
			14,20-14,21	14,205	-11,345	99,4	0,2	99,2	0,6				Areia	Areia
			14,70-14,71	14,705	-11,845	99,1	0,0	99,1	0,9				Areia	Areia
			15,10-15,11	15,105	-12,245	98,7	0,2	98,6	1,3				Areia	Areia
			15,60-15,61	15,605	-12,745	99,6	0,8	98,8	0,4				Areia	Areia
16,10-16,11	16,105	-13,245	99,7	1,0	98,6	0,3				Areia	Areia			
-13,40	16,2	B	16,20-16,40	16,300	-13,440	97,9	0,3	97,7	2,1				Areia	Areia
			16,92-16,93	16,925	-14,065	95,1	0,1	95,0	4,9				Areia	Areia
			17,20-17,21	17,205	-14,345	95,5	0,0	95,5	4,5				Areia	Areia
		A	17,70-17,71	17,705	-14,845	91,5	0,0	91,5	8,5	7,5	1,0	0,14	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			18,60-18,63	18,615	-15,755	90,4	0,0	90,4	9,6	8,7	0,9	0,10	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			18,83-18,84	18,835	-15,975	7,3	0,0	7,3	92,7	84,5	8,2	0,10	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
			19,07-19,08	19,075	-16,215	47,6	0,0	47,6	52,4	47,9	4,5	0,09	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			19,23-19,24	19,235	-16,375	9,0	0,0	9,0	91,0	85,8	5,2	0,06	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
			19,37-19,38	19,375	-16,515	0,6	0,0	0,6	99,4	94,5	4,9	0,05	Vasa	Vasa
-15,96	18,76	III	19,71-19,72	19,715	-16,855	33,6	0,0	33,6	66,4	59,4	7,0	0,12	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			19,91-19,92	19,915	-17,055	17,0	0,0	17,0	83,0	74,7	8,3	0,11	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
			20,10-20,11	20,105	-17,245	86,6	0,1	86,5	13,4	12,2	1,3	0,10	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			20,21-20,22	20,215	-17,355	95,7	2,9	92,8	4,3	3,9	0,4	0,11	Areia	Areia
			21,06-21,07	21,065	-18,205	18,8	0,4	18,4	81,2	72,3	8,9	0,12	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
			21,34-21,35	21,345	-18,485	30,6	2,1	28,5	69,4	60,7	8,7	0,14	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			21,42-21,43	21,425	-18,565	83,6	12,4	71,1	16,4	14,7	1,7	0,12	Areia pouco Vasosa	Av(c)
			21,47-21,48	21,475	-18,615	49,9	3,1	46,8	50,1	44,1	6,0	0,14	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			21,66-21,67	21,665	-18,805	3,0	0,0	3,0	97,0	78,7	18,3	0,23	Vasa	Vasa
			22,04-22,05	22,045	-19,185	71,5	2,7	68,7	28,5	26,2	2,4	0,09	Areia Vasosa	Areia Vasosa
			22,17-22,18	22,175	-19,315	24,2	0,4	23,8	75,8	67,8	8,0	0,12	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
-20,75	23,55	22,39-22,40	22,395	-19,535	97,0	21,8	75,2	3,0				Areia	Ac	
		22,84-22,85	22,845	-19,985	79,1	0,1	79,0	20,9	18,7	2,2	0,12	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
		23,00-23,01	23,005	-20,145	82,9	1,9	81,0	17,1	15,9	1,1	0,07	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
		23,10-23,11	23,105	-20,245	85,3	13,3	72,0	14,7	13,5	1,2	0,09	Areia pouco Vasosa	Av(c)	
		23,31-23,32	23,315	-20,455	83,0	28,9	54,1	17,0	15,4	1,6	0,10	Areia pouco Vasosa	Ac	
		23,41-23,42	23,415	-20,555	61,3	9,8	51,5	38,7	35,3	3,4	0,10	Areia Vasosa	Av(c)	
		23,57-23,58	23,575	-20,715	76,0	0,3	75,7	24,0				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	



**Tabela A.II.2-6 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem “longa” MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Ref <sup>a</sup>	Profundidade média (m)	Cota absoluta (m)(NMM)	% Grosseiros (>63µm)	% Balastros (>2mm)	% Areia (2mm- 63µm)	% Finos (<63µm)	% Siltes (63-2µm)	% Argilas (2µm)	argila/ silte	segundo Classificação de Flemming (2000)	Classificação FOLK, FLEMING
-20,75	23,55	II	23,41-23,42	23,415	-20,555	61,3	9,8	51,5	38,7	35,3	3,4	0,10	Areia Vasosa	Av(c)
			23,57-23,58	23,575	-20,715	76,0	0,3	75,7	24,0				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			23,65-23,66	23,655	-20,795	83,8	0,0	83,8	16,2	13,1	3,2	0,24	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			24,60-24,61	24,605	-21,745	98,2	0,7	97,5	1,8				Areia	Areia
			25,10-25,11	25,105	-22,245	99,5	1,1	98,5	0,5				Areia	Areia
			25,60-25,61	25,605	-22,745	99,5	0,5	99,0	0,5				Areia	Areia
			26,06-26,08	26,070	-23,210	94,7	3,0	91,7	5,3	4,8	0,5	0,11	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			26,39-26,40	26,395	-23,535	97,6	3,5	94,1	2,4				Areia	Areia
			26,55-26,56	26,555	-23,695	29,6	0,8	28,7	70,4	64,0	6,4	0,10	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			26,62-26,63	26,625	-23,765	44,3	4,3	40,0	55,7	49,9	5,8	0,12	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			26,70-26,71	26,705	-23,845	94,2	1,7	92,6	5,8	4,8	1,0	0,20	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			27,06-27,07	27,065	-24,205	93,7	2,3	91,3	6,3	5,4	0,9	0,17	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			27,25-27,26	27,255	-24,395	91,7	5,7	86,0	8,3	7,2	1,0	0,14	Areia pouco Vasosa	Av(c)
			27,40-27,41	27,405	-24,545	97,5	0,0	97,5	2,5				Areia	Areia
			27,52-27,53	27,525	-24,665	42,1	0,1	42,0	57,9	47,2	10,7	0,23	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			27,66-27,67	27,665	-24,805	50,1	0,1	50,0	49,9	41,2	8,7	0,21	Areia Vasosa	Areia Vasosa
			28,29-28,30	28,295	-25,435	94,5	0,0	94,5	5,5				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			28,49-28,50	28,495	-25,635	46,0	0,0	46,0	54,0	46,5	7,4	0,16	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			28,69-28,70	28,695	-25,835	45,9	0,0	45,9	54,1	47,8	6,3	0,13	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			29,49-29,50	29,495	-26,635	82,0	2,1	79,9	18,0	15,8	2,2	0,14	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
-27,10	29,90	I	29,99-30,00	29,995	-27,135	76,8	0,5	76,3	23,2	17,2	6,0	0,35	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			30,52-30,54	30,530	-27,670	97,2	0,0	97,2	2,8				Areia	Areia
			31,00-31,01	31,005	-28,145	93,5	6,4	87,2	6,5				Areia pouco Vasosa	Av(c)
			31,32-31,34	31,330	-28,470	94,4	0,0	94,4	5,6				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			31,65-31,66	31,655	-28,795	97,0	25,0	72,0	3,0				Areia	Ac
			31,71-31,73	31,720	-28,860	92,6	5,0	87,6	7,4	6,6	0,8	0,12	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			31,81-31,83	31,820	-28,960	72,3	0,1	72,2	27,7	23,6	4,2	0,18	Areia Vasosa	Areia Vasosa
			31,84-31,86	31,850	-28,990	43,3	0,0	43,3	56,7	51,2	5,5	0,11	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			31,91-31,935	31,923	-29,063	48,8	0,0	48,8	51,2	45,3	6,0	0,13	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
			31,96-31,98	31,970	-29,110	93,7	0,0	93,7	6,3				Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			33,00-33,45	33,225	-30,365	91,0	0,2	90,9	9,0	7,7	1,2	0,16	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			34,80-35,15	34,975	-32,115	89,0	8,0	81,1	11,0	9,3	1,7	0,18	Areia pouco Vasosa	Av(c)
			36,30-36,75	36,525	-33,665	91,3	0,1	91,2	8,7	7,7	1,0	0,13	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
			37,90-38,30	38,100	-35,240	89,0	0,6	88,4	11,0	9,9	1,2	0,12	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
-37,05	39,85	Plio-Plistocénico	39,40-39,85	39,625	-36,765	89,2	0,0	89,2	10,8	9,6	1,2	0,12	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa

**Tabela A.II.2-6 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem "longa" MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Ref <sup>a</sup>	pH	Matéria orgânica		% CaCO <sub>3</sub>				
					%	Classificação	%	Classificação			
1,16	1,7	C	0,40-0,42	8,82	Alcalino	0,0	Muito Baixo	1,2	Baixo		
			0,90-0,92	9,62	Hiperálcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
			1,48-1,50	8,78	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
-2,60	5,44	B	1,98-2,00	8,36	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	1,7	Baixo		
			2,51-2,52	3,43	Hiperácido	30,4	Muito elevado	11,3	Elevado		
			2,57-2,58	3,35	Hiperácido	17,8	Muito elevado	8,9	Elevado		
			2,80-2,82	4,03	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
			3,30-3,32	4,25	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
			3,62-3,64	4,69	Ácido	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo		
			3,80-3,82	8,05	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	4,7	Moderado		
			4,00-4,02	7,84	Subalcalino	1,1	Baixo	4,0	Moderado		
			4,40-4,42	8,19	Subalcalino	0,5	Muito Baixo	3,5	Moderado		
			5,00-5,02	8,05	Subalcalino	0,5	Muito Baixo	2,4	Moderado		
-13,40	16,2	A	5,20-5,22	8,60	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,4	Baixo		
			5,70-5,72	4,74	Ácido	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo		
			7,34-7,35	8,31	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,9	Baixo		
			7,84-7,85	5,98	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo		
			8,34-8,35	7,22	Neutro	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo		
			8,84-8,85	8,04	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
			9,34-9,35	8,67	Alcalino	0,0	Muito Baixo	1,1	Baixo		
			9,84-9,85	8,78	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,5	Baixo		
			10,42-10,43	8,53	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,6	Baixo		
			10,92-10,93	9,36	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,6	Baixo		
			11,42-11,43	8,59	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,6	Baixo		
			12,93-12,94	8,55	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,8	Baixo		
			13,42-13,43	8,24	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,5	Baixo		
			14,20-14,21	8,84	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo		
			14,70-14,71	8,71	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,7	Baixo		
			15,10-15,11	8,14	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,7	Baixo		
			15,60-15,61	7,72	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,4	Baixo		
			-15,96	18,76	B	16,10-16,11	7,99	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,6
16,20-16,40	8,59	Alcalino				0,0	Muito Baixo	5,0	Moderado		
16,92-16,93	8,65	Alcalino				0,0	Muito Baixo	3,3	Moderado		
17,20-17,21	8,89	Alcalino				0,1	Muito Baixo	2,4	Moderado		
17,70-17,71	8,50	Alcalino				0,4	Muito Baixo	2,3	Moderado		
A	18,60-18,63	8,31			Subalcalino	0,3	Muito Baixo	2,9	Moderado		
	18,83-18,84	4,61			Ácido	16,4	Muito elevado	10,8	Elevado		
	19,07-19,08	8,04			Subalcalino	3,4	Moderado	15,2	Elevado		
	19,23-19,24	7,72			Subalcalino	24,3	Muito elevado	26,6	Muito elevado		
	19,37-19,38	3,49			Hiperácido	26,9	Muito elevado	8,8	Elevado		
	19,71-19,72	7,89			Subalcalino	4,7	Moderado	11,8	Elevado		
	19,91-19,92	7,60			Subalcalino	6,7	Elevado	14,2	Elevado		
	20,10-20,11	8,05			Subalcalino	1,9	Baixo	6,1	Elevado		
	20,21-20,22	8,33			Subalcalino	0,2	Muito Baixo	12,0	Elevado		
	21,06-21,07	7,96			Subalcalino	2,9	Baixo	8,4	Elevado		
	21,34-21,35	8,11			Subalcalino	1,9	Baixo	8,9	Elevado		
	21,42-21,43	8,31			Subalcalino	0,6	Muito Baixo	27,8	Muito elevado		
	21,47-21,48	7,78			Subalcalino	3,4	Moderado	6,7	Elevado		
	21,66-21,67	3,81			Hiperácido	6,7	Elevado	7,7	Elevado		
	22,04-22,05	7,80			Subalcalino	2,6	Baixo	12,9	Elevado		
	22,17-22,18	7,56			Subalcalino	4,5	Moderado	9,5	Elevado		
	22,39-22,40	8,28			Subalcalino	0,1	Muito Baixo	33,8	Muito elevado		
	22,84-22,85	8,00			Subalcalino	1,1	Baixo	11,1	Elevado		
	23,00-23,01	8,05			Subalcalino	0,9	Muito Baixo	27,0	Muito elevado		
	23,10-23,11	8,12			Subalcalino	1,0	Baixo	46,9	Muito elevado		
	23,31-23,32	8,16			Subalcalino	1,0	Baixo	47,6	Muito elevado		
	-20,75	23,55			23,41-23,42	7,78	Subalcalino	1,7	Baixo	29,0	Muito elevado
					23,57-23,58	7,00	Neutro	0,4	Muito Baixo	3,1	Moderado

**Tabela A.II.2-6 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem “longa” MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Ref <sup>a</sup>	pH		Matéria orgânica		% CaCO <sub>3</sub>	
						%	Classificação	%	Classificação
-20,75	23,55	II	23,41-23,42	7,78	Subalcalino	1,7	Baixo	29,0	Muito elevado
			23,57-23,58	7,00	Neutro	0,4	Muito Baixo	3,1	Moderado
			23,65-23,66	3,05	Hiperácido	1,2	Baixo	0,9	Baixo
			24,60-24,61	7,82	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	1,3	Baixo
			25,10-25,11	8,31	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo
			25,60-25,61	8,64	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,4	Baixo
			26,06-26,08	2,75	Hiperácido	0,3	Muito Baixo	0,1	Baixo
			26,39-26,40	2,94	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,7	Baixo
			26,55-26,56	2,86	Hiperácido	7,7	Elevado	1,2	Baixo
			26,62-26,63	3,08	Hiperácido	4,0	Moderado	4,0	Moderado
			26,70-26,71	3,46	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,1	Baixo
			27,06-27,07	3,75	Hiperácido	0,2	Muito Baixo	0,2	Baixo
			27,25-27,26	3,35	Hiperácido	0,3	Muito Baixo	0,3	Baixo
			27,40-27,41	8,56	Alcalino	0,0	Muito Baixo	0,4	Baixo
			27,52-27,53	6,34	Subácido	1,3	Baixo	0,4	Baixo
			27,66-27,67	4,98	Ácido	1,6	Baixo	0,1	Baixo
			28,29-28,30	8,11	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	1,0	Baixo
			28,49-28,50	5,01	Ácido	1,1	Baixo	0,3	Baixo
			28,69-28,70	4,66	Ácido	0,6	Muito Baixo	0,2	Baixo
			29,49-29,50	8,29	Subalcalino	0,4	Muito Baixo	1,1	Baixo
-27,10	29,90	I	29,99-30,00	4,14	Hiperácido	0,6	Muito Baixo	0,1	Baixo
			30,52-30,54	4,04	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo
			31,00-31,01	3,89	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	1,2	Baixo
			31,32-31,34	3,97	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo
			31,65-31,66	4,05	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,2	Baixo
			31,71-31,73	3,63	Hiperácido	0,3	Muito Baixo	0,1	Baixo
			31,81-31,83	3,82	Hiperácido	0,4	Muito Baixo	1,0	Baixo
			31,84-31,86	5,38	Ácido	0,8	Muito Baixo	1,3	Baixo
			31,91-31,935	3,58	Hiperácido	3,2	Moderado	1,7	Baixo
			31,96-31,98	3,72	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,5	Baixo
		Pto-Plistocénico	33,00-33,45	3,48	Hiperácido	0,2	Muito Baixo	0,5	Baixo
			34,80-35,15	3,50	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,9	Baixo
			36,30-36,75	4,16	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,4	Baixo
			37,90-38,30	3,56	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,5	Baixo
			39,40-39,85	7,50	Subalcalino	0,2	Muito Baixo	0,1	Baixo
-37,05	39,85								

**Tabela A.II.2-6 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem "longa" MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Refª	Diâmetro médio (MZ)	Grau de dispersão (s1)	Assimetria (SKI)	Curtose (KS)	Conclusões do método gráfico:			
1,16	1,7	C	0,40-0,42	0,39	0,65	0,24	0,89	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica
			0,90-0,92	0,84	0,54	0,02	1,00	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			1,48-1,50	0,56	0,67	0,00	0,88	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
		B	1,98-2,00	0,58	0,63	0,02	0,91	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			2,51-2,52								
			2,57-2,58	1,11	0,88	0,15	0,95	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			2,80-2,82	0,57	0,90	0,18	0,88	Areia grossa	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica
			3,30-3,32	0,74	0,63	-0,01	1,01	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			3,62-3,64	0,23	0,39	0,05	0,90	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
			3,80-3,82	0,77	0,82	0,06	1,01	Areia grossa	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
4,00-4,02	1,88		0,65	-0,19	1,38	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica		
4,40-4,42	0,53		0,94	0,54	1,82	Areia grossa	Moderadamente calibrado	Assimetria muito positiva	Muito leptocúrtica		
5,00-5,02	0,16		0,87	0,35	1,41	Areia grossa	Moderadamente calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica		
-2,60	5,44	IV	5,20-5,22	0,37	0,58	0,06	1,07	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			5,70-5,72	0,35	0,64	0,00	1,02	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			7,34-7,35	0,35	0,61	0,13	1,12	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
		A	7,84-7,85	0,19	0,45	0,02	1,02	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			8,34-8,35	0,10	0,37	-0,05	0,99	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			8,84-8,85	0,57	0,43	-0,03	1,05	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			9,34-9,35	1,03	0,57	0,05	1,04	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			9,84-9,85	0,74	0,32	0,02	1,28	Areia grossa	Muito bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			10,42-10,43	0,95	0,60	0,12	1,16	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			10,92-10,93	0,68	0,42	-0,01	1,15	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
11,42-11,43	0,73		0,52	0,04	1,18	Areia grossa	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
12,93-12,94	0,30		0,44	-0,07	0,99	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
13,42-13,43	0,28		0,39	0,02	1,04	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
-13,40	16,2	B	14,20-14,21	0,35	0,38	-0,04	0,99	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			14,70-14,71	0,15	0,40	0,08	1,01	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			15,10-15,11	0,60	0,39	0,00	1,28	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
		A	15,60-15,61	0,01	0,44	0,12	1,07	Areia grossa	Bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			16,10-16,11	0,00	0,45	0,10	1,07	Areia grossa	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			16,20-16,40	1,90	0,81	-0,38	1,05	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Mesocúrtica
			16,92-16,93	1,45	0,99	0,07	0,76	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica
			17,20-17,21	2,19	0,60	-0,21	1,25	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			17,70-17,71	2,54	0,46	0,03	1,23	Areia fina	Bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			18,60-18,63	2,28	0,60	-0,06	1,19	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
18,83-18,84											
19,07-19,08	2,99		0,63	-0,30	1,13	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica		
19,23-19,24											
-15,96	18,76	III	19,37-19,38								
			19,71-19,72	3,17	0,52	-0,47	1,11	Areia muito fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
			19,91-19,92								
		A	20,10-20,11	2,09	0,66	-0,27	1,28	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			20,21-20,22	1,65	1,21	0,01	0,90	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica
			21,06-21,07	2,52	1,18	-0,45	0,78	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
			21,34-21,35	2,22	1,49	-0,24	1,29	Areia fina	Mal calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			21,42-21,43	0,99	1,62	-0,35	1,11	Areia grossa	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
			21,47-21,48	1,84	1,32	-0,10	1,36	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			21,66-21,67								
22,04-22,05	1,59		1,29	0,00	0,89	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica		
22,17-22,18	2,06		1,22	-0,12	0,87	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica		
22,39-22,40	0,11		1,56	-0,27	0,95	Areia grossa	Mal calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica		
-20,75	23,55	IV	22,84-22,85	1,57	1,13	0,34	0,75	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria muito positiva	Platicúrtica
			23,00-23,01	0,93	1,42	0,45	0,74	Areia grossa	Mal calibrado	Assimetria muito positiva	Platicúrtica
			23,10-23,11	0,51	1,60	0,46	0,85	Areia grossa	Mal calibrado	Assimetria muito positiva	Platicúrtica
		A	23,31-23,32	0,40	2,05	0,04	0,57	Areia grossa	Muito mal calibrado	Simétrica	Muito platicúrtica
			23,41-23,42	1,27	1,88	-0,33	0,78	Areia média	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
			23,57-23,58	1,56	1,05	0,03	1,02	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica

**Tabela A.II.2-6 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem "longa" MB.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Ref <sup>a</sup>	Diâmetro médio (MZ)	Grau de dispersão (s1)	Assimetria (SK1)	Curtose (KS)	Conclusões do método gráfico:			
-20,75	23,55	II	23,41-23,42	1,27	1,88	-0,33	0,78	Areia média	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
			23,57-23,58	1,56	1,05	0,03	1,02	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			23,65-23,66	1,19	0,76	0,10	1,16	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			24,60-24,61	0,77	0,60	-0,10	1,10	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			25,10-25,11	0,54	0,70	0,05	1,03	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			25,60-25,61	0,69	0,70	0,00	0,98	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			26,06-26,08	0,59	0,92	0,07	0,91	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			26,39-26,40	0,29	0,79	0,13	1,06	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			26,55-26,56	1,27	1,22	-0,19	0,86	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica
			26,62-26,63	0,74	1,32	-0,06	0,85	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica
			26,70-26,71	0,71	0,76	-0,04	0,98	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			27,06-27,07	0,25	0,73	0,22	1,41	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			27,25-27,26	0,56	1,00	0,05	1,13	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			27,40-27,41	0,50	0,41	0,37	1,34	Areia grosseira	Bem calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica
			27,52-27,53	1,94	0,94	0,02	1,03	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			27,66-27,67	1,32	0,98	0,20	1,15	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			28,29-28,30	0,58	0,47	0,10	1,52	Areia grosseira	Bem calibrado	Simétrica	Muito leptocúrtica
			28,49-28,50	2,06	0,95	-0,13	1,00	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			28,69-28,70	2,57	0,89	-0,12	0,72	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica
			29,49-29,50	1,62	0,92	0,17	1,26	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
-27,10	29,90	I	29,99-30,00	1,86	1,00	-0,15	1,04	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			30,52-30,54	1,60	0,43	0,11	1,07	Areia média	Bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			31,00-31,01	0,52	1,10	0,14	0,82	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica
			31,32-31,34	1,12	0,73	0,19	1,11	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			31,65-31,66	-0,56	0,97	0,20	1,76	Areia muito grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Muito leptocúrtica
			31,71-31,73	0,57	0,97	-0,04	1,24	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			31,81-31,83	1,50	1,09	0,30	1,17	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			31,84-31,86	2,93	0,71	-0,34	1,14	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
			31,91-31,935	2,83	0,59	0,06	0,80	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
			31,96-31,98	1,62	0,45	0,20	1,21	Areia média	Bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
		Plio-Plistocénico	33,00-33,45	1,73	0,69	-0,01	1,20	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			34,80-35,15	1,13	1,38	-0,19	1,19	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			36,30-36,75	2,03	0,53	0,16	1,18	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			37,90-38,30	2,21	0,60	0,09	1,25	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
-37,05	39,85		39,40-39,85	2,13	0,66	0,04	1,11	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica

**Tabela A.II.2-7 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem "longa" MIGM.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Refª	Profundidade média (m)	Cota absoluta (m)(NMM)	% Grosseiros (>63µm)	% Balastros (>2mm)	% Areia (2mm - 63µm)	% Finos (<63µm)	% Siltes (63-2µm)	% Argilas (2µm)	argila/ silte	Classificação de Flemming (2000)	Classificação FOLK + FLEMMING	
3,39	0,00	ATERRO													
2,59	0,80	III	D	0,89-0,90	0,895	2,50	84,9	19,3	65,6	15,1	12,2	2,9	0,24	Areia pouco Vasosa	Av(c)
				1,39-1,40	1,395	2,00	94,3	24,4	69,9	5,7	5,1	0,6	0,12	Areia pouco Vasosa	Ac
				1,54-1,55	1,545	1,85	67,6	13,3	54,4	32,4	26,6	5,8	0,22	Areia Vasosa	Av(c)
				1,63-1,64	1,635	1,76	94,3	53,9	40,4	5,7	5,0	0,7	0,14	Areia pouco Vasosa	Ca
1,70	1,69		C	1,77-1,78	1,775	1,62	25,9	10,8	15,1	74,1	61,4	12,8	0,21	Vasa Arenosa	Vs(c)
				1,99-2,00	1,995	1,40	2,7	0,1	2,5	97,3	80,1	17,3	0,22	Vasa	Vasa
1,33	2,06		B	2,40-2,41	2,405	0,99	92,6	24,0	68,6	7,4	6,5	0,9	0,13	Areia pouco Vasosa	Ac
				2,80-2,81	2,805	0,59	85,4	8,9	76,4	14,6	12,6	2,0	0,16	Areia pouco Vasosa	Av(c)
				3,30-3,31	3,305	0,09	89,6	30,4	59,1	10,4	9,2	1,2	0,13	Areia pouco Vasosa	Ca
				3,70-3,71	3,705	-0,32	83,4	29,6	53,8	16,6	14,4	2,2	0,16	Areia pouco Vasosa	Ac
-0,80	4,19		A	4,10-4,11	4,105	-0,72	79,3	15,6	63,7	20,7	18,3	2,5	0,14	Areia pouco Vasosa	Av(c)
				4,36-4,37	4,365	-0,98	24,7	4,0	20,7	75,3	64,3	11,0	0,17	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
				4,70-4,71	4,705	-1,32	75,0	29,9	45,0	25,0	22,6	2,5	0,11	Areia Vasosa	Ac
				4,85-4,86	4,855	-1,47	35,3	3,1	32,2	64,7	52,2	12,6	0,24	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa
-1,64	5,03	II	4,97-4,98	4,975	-1,59	44,7	13,4	31,3	55,3	51,1	4,2	0,08	Vasa Arenosa	Va(c)	
			5,06-5,07	5,065	-1,68	44,9	2,5	42,4	55,1	50,5	4,6	0,09	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa	
			5,18-5,19	5,185	-1,80	90,6	12,1	78,6	9,4	8,6	0,8	0,09	Areia pouco Vasosa	Av(c)	
			5,24-5,25	5,245	-1,86	96,5	8,7	87,8	3,5	3,2	0,3	0,09	Areia	Av(c)	
			5,84-5,85	5,845	-2,46	95,9	2,5	93,4	4,1	3,7	0,4	0,10	Areia	Areia	
			6,04-6,05	6,045	-2,66	97,8	0,6	97,2	2,2	2,0	0,2	0,08	Areia	Areia	
			6,34-6,35	6,345	-2,96	97,7	3,4	94,4	2,3	2,1	0,2	0,08	Areia	Areia	
			7,14-7,15	7,145	-3,76	96,4	6,3	90,1	3,6	3,3	0,3	0,10	Areia	Av(c)	
			7,32-7,33	7,325	-3,94	54,8	0,7	54,1	45,2	41,7	3,5	0,08	Areia Vasosa	Areia Vasosa	
			7,36-7,37	7,365	-3,98	95,1	3,0	92,1	4,9	4,6	0,3	0,07	Areia	Areia	
			7,44-7,45	7,445	-4,06	66,6	0,4	66,2	33,4	31,8	1,6	0,05	Areia Vasosa	Areia Vasosa	
			11,0-11,01	11,005	-7,62	91,4	0,9	90,5	8,6	7,1	1,5	0,21	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
			11,32-11,33	11,325	-7,94	15,8	0,0	15,8	84,2	77,8	6,4	0,08	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa	
			11,42-11,43	11,425	-8,04	90,2	5,0	85,2	9,8	9,0	0,8	0,09	Areia pouco Vasosa	Av(c)	
			11,52-11,53	11,525	-8,14	94,5	2,6	91,9	5,5	5,0	0,5	0,10	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
			11,57-11,59	11,580	-8,19	97,4	3,2	94,2	2,6	2,2	0,3	0,15	Areia	Areia	
			11,62-11,64	11,630	-8,24	98,0	7,2	90,8	2,0	1,8	0,2	0,12	Areia	Av(c)	
			12,15-12,16	12,155	-8,77	45,0	0,5	44,5	55,0	48,8	6,3	0,13	Vasa Arenosa	Vasa Arenosa	
			12,28-12,29	12,285	-8,90	96,3	0,6	95,7	3,7	3,4	0,3	0,09	Areia	Areia	
			12,38-12,39	12,385	-9,00	88,8	0,7	88,1	11,2	9,8	1,4	0,15	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
			12,48-12,49	12,485	-9,10	70,2	12,2	58,0	29,8	26,2	3,6	0,14	Areia Vasosa	Av(c)	
			12,52-12,54	12,530	-9,14	90,0	9,7	80,4	10,0	8,7	1,2	0,14	Areia pouco Vasosa	Av(c)	
			12,58-12,60	12,590	-9,20	96,5	0,0	96,5	3,5	3,1	0,4	0,13	Areia	Areia	
			12,68-12,69	12,685	-9,30	97,4	0,1	97,3	2,6	2,4	0,3	0,11	Areia	Areia	
			13,48-13,49	13,485	-10,10	93,2	0,2	93,0	6,8	6,2	0,6	0,09	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa	
			13,68-13,69	13,685	-10,30	95,2	0,1	95,1	4,8	4,3	0,5	0,11	Areia	Areia	
-11,1	14,48	I	B	14,43-14,44	14,435	-11,05	24,1	0,3	23,8	75,9	64,3	11,6	0,18	Vasa pouco Arenosa	Vasa pouco Arenosa
				14,58-14,59	14,585	-11,20	94,5	3,6	90,9	5,5	5,1	0,4	0,08	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
				15,28-15,29	15,285	-11,90	95,8	2,3	93,5	4,2	3,9	0,3	0,07	Areia	Areia
				15,50-15,51	15,505	-12,12	80,1	0,5	79,6	19,9	16,7	3,2	0,19	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa
-13,7	17,08		A	16,60-16,61	16,605	-13,22	97,1	3,6	93,5	2,9	2,9	0,3	0,11	Areia	Areia
				16,80-16,81	16,805	-13,42	96,5	0,4	96,1	3,5	3,1	0,4	0,12	Areia	Areia
				17,11-17,13	17,120	-13,73	89,5	59,0	30,5	10,5	8,8	1,7	0,20	Areia pouco Vasosa	Ca
				18,11-18,38	18,245	-14,86	97,1	38,4	58,7	2,9	2,5	0,4	0,14	Areia	Ca
			Miocénico	18,96-18,97	18,965	-15,58	85,0	27,3	57,6	15,0	11,4	3,6	0,32	Areia pouco Vasosa	Ac
				19,10-19,22	19,160	-15,77	97,2	81,5	15,8	2,8	2,1	0,7	0,31	Areia	C
				19,21-19,35	19,280	-15,89	90,3	76,9	13,4	9,7	8,8	1,0	0,11	Areia pouco Vasosa	Ca
-16,0	19,35			19,50-19,51	19,505	-16,12	84,2	5,4	78,9	15,8	14,3	1,5	0,10	Areia pouco Vasosa	Av(c)
		20,24-20,25	20,245	-16,86	74,8	3,1	71,7	25,2	22,6	2,7	0,12	Areia Vasosa	Areia Vasosa		
		31,50-31,51	31,505	-28,12	88,0	0,0	88,0	12,0	11,0	1,0	0,09	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa		
		32,50-32,51	32,505	-29,12	84,8	0,0	84,8	15,2	14,1	1,1	0,08	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa		
		33,10-33,11	33,105	-29,72	89,1	0,0	89,1	10,9	10,2	0,6	0,06	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa		
		33,50-33,51	33,505	-30,12	85,1	0,5	84,7	14,9	14,0	0,9	0,06	Areia pouco Vasosa	Areia pouco Vasosa		



**Tabela A.II.2-7 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos da sondagem “longa” MIGM.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Ref*	pH	Matéria orgânica		% CaCO <sub>3</sub>		Diâmetro médio (mZ)	Grau de dispersão (s1)	Assimetria (SKI)	Curtose (KS)	Conclusões do método gráfico:					
					%	Classificação	%	Classificação										
3,39	0,00	ATERRO																
2,59	0,80	III	D	0,89-0,90	8,09	Subalcalino	0,2	Muito Baixo	0,0	Baixo	0,40	1,97	-0,40	1,03	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Mesocúrtica
				1,39-1,40	4,89	Ácido	0,2	Muito Baixo	0,0	Baixo	0,18	2,05	-0,46	0,79	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
				1,54-1,55	4,01	Hiperácido	1,8	Baixo	0,0	Baixo	0,95	2,24	-0,59	1,29	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
1,70	1,69			1,63-1,64	6,01	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	-1,42	2,28	0,29	0,62	Calhaus muito finos	Muito mal calibrado	Assimetria positiva	Muito platicúrtica
				1,77-1,78	5,70	Subácido	2,9	Baixo	0,0	Baixo	0,01	2,42	-0,23	0,52	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria negativa	Muito platicúrtica
1,33	2,06		C	1,99-2,00	5,60	Subácido	2,7	Baixo	0,0	Baixo	2,20	1,53	-0,59	0,82	Areia fina	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
				2,40-2,41	5,62	Subácido	0,3	Muito Baixo	0,0	Baixo	0,37	2,26	-0,56	0,81	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
				2,80-2,81	5,32	Ácido	0,5	Muito Baixo	0,0	Baixo	1,43	1,52	-0,34	1,44	Areia média	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
				3,30-3,31	5,50	Ácido	0,4	Muito Baixo	0,0	Baixo	0,08	2,45	-0,43	0,64	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito platicúrtica
				3,70-3,71	5,45	Ácido	0,9	Muito Baixo	0,0	Baixo	-0,09	2,48	-0,46	0,51	Areia muito grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito platicúrtica
-0,80	4,19		A	4,10-4,11	6,75	Neutro	1,3	Baixo	0,0	Baixo	0,74	2,03	-0,32	0,99	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Mesocúrtica
				4,36-4,37	6,48	Subácido	3,4	Moderado	0,0	Baixo	1,61	1,99	-0,51	0,68	Areia média	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
				4,70-4,71	6,86	Neutro	4,9	Moderado	1,8	Baixo	-0,29	2,44	-0,34	0,51	Areia muito grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito platicúrtica
				4,85-4,86	4,07	Hiperácido	4,0	Moderado	0,0	Baixo	1,51	1,65	-0,27	1,11	Areia média	Mal calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
-1,64	5,03			4,97-4,98	7,60	Subalcalino	11,5	Muito elevado	0,0	Baixo	0,14	2,34	-0,38	0,67	Areia grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
		II	A	5,06-5,07	7,42	Neutro	5,8	Elevado	8,5	Elevado	1,28	1,27	-0,21	1,06	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				5,18-5,19	7,53	Subalcalino	4,0	Moderado	19,7	Elevado	0,75	1,55	-0,36	1,88	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito leptocúrtica
				5,24-5,25	8,00	Subalcalino	0,7	Muito Baixo	7,5	Elevado	0,79	1,22	-0,28	1,73	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Muito leptocúrtica
				5,84-5,85	8,13	Subalcalino	0,3	Muito Baixo	5,2	Elevado	1,15	0,96	-0,09	0,94	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				6,04-6,05	8,75	Alcalino	0,0	Muito Baixo	4,9	Moderado	1,47	0,81	-0,24	1,04	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				6,34-6,35	8,45	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	3,9	Moderado	1,19	0,93	-0,15	0,96	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				7,14-7,15	8,07	Subalcalino	0,6	Muito Baixo	19,4	Elevado	1,10	1,34	-0,38	2,26	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Muito leptocúrtica
				7,32-7,33	7,01	Neutro	11,1	Muito elevado	14,1	Elevado	1,51	0,98	0,06	1,17	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				7,36-7,37	8,06	Subalcalino	0,8	Muito Baixo	6,1	Elevado	0,98	0,80	-0,01	1,13	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				7,44-7,45	6,85	Neutro	6,2	Elevado	3,7	Moderado	1,20	1,04	0,10	1,00	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
				11,0-11,01	8,58	Alcalino	0,3	Muito Baixo	3,3	Moderado	0,70	0,72	0,02	1,08	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				11,32-11,33	6,35	Subácido	21,3	Muito elevado	1,2	Baixo	1,18	0,93	0,08	1,04	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				11,42-11,43	7,92	Subalcalino	1,2	Baixo	7,4	Elevado	0,75	1,03	-0,13	1,10	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				11,52-11,53	8,40	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	1,5	Baixo	0,90	0,70	-0,07	1,19	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				11,57-11,59	8,51	Alcalino	0,1	Muito Baixo	0,9	Baixo	0,81	0,71	-0,04	1,15	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				11,62-11,64	8,12	Subalcalino	0,2	Muito Baixo	0,6	Baixo	0,80	1,01	-0,28	1,88	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Muito leptocúrtica
				12,15-12,16	6,72	Neutro	2,5	Baixo	4,9	Moderado	1,24	0,88	-0,01	1,06	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				12,28-12,29	8,28	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	5,6	Elevado	0,84	0,59	-0,08	1,37	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				12,38-12,39	7,45	Neutro	1,1	Baixo	6,1	Elevado	1,20	0,63	-0,02	1,14	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				12,48-12,49	7,74	Subalcalino	4,8	Moderado	10,3	Elevado	-0,42	2,49	-0,58	1,81	Areia muito grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito leptocúrtica
				12,52-12,54	7,72	Subalcalino	1,0	Baixo	2,9	Moderado	0,78	1,41	-0,38	2,28	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Muito leptocúrtica
				12,58-12,60	8,18	Subalcalino	0,2	Muito Baixo	0,2	Baixo	0,97	0,64	-0,04	1,03	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				12,68-12,69	7,84	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,3	Baixo	1,07	0,61	-0,04	1,08	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				13,48-13,49	7,82	Subalcalino	0,8	Muito Baixo	4,5	Moderado	0,90	0,53	0,06	1,10	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				13,68-13,69	3,47	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	1,06	0,70	-0,03	1,06	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
-11,1	14,48	I	B	14,43-14,44	6,04	Subácido	7,3	Elevado	1,2	Baixo	1,48	0,94	-0,05	1,05	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
				14,58-14,59	3,12	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,2	Baixo	1,24	0,87	-0,23	1,23	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
				15,28-15,29	6,62	Neutro	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo	1,11	0,86	-0,15	1,04	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				15,50-15,51	3,89	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	1,63	0,83	0,07	1,17	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
				16,60-16,61	8,01	Subalcalino	0,0	Muito Baixo	0,2	Baixo	0,91	0,94	-0,21	0,97	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
				16,80-16,81	5,57	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	1,28	0,69	-0,13	1,09	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
-13,7	17,08		A	17,11-17,13	5,92	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	-2,57	2,32	0,75	0,60	Calhaus finos	Muito mal calibrado	Assimetria muito positiva	Muito platicúrtica
				18,11-18,38	5,24	Ácido	0,1	Muito Baixo	0,3	Baixo	-0,73	2,38	-0,47	0,70	Areia muito grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Platicúrtica
				18,96-18,97	6,33	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	-0,11	1,96	-0,28	0,72	Areia muito grosseira	Mal calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica
				19,10-19,22	6,19	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	-4,24	2,48	0,87	1,27	Calhaus grosseiros	Muito mal calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica
				19,21-19,35	3,51	Hiperácido	1,2	Baixo	0,0	Baixo	-4,04	1,63	0,62	2,52	Calhaus grosseiros	Mal calibrado	Assimetria muito positiva	Muito leptocúrtica
-16,0	19,35			Miocénico	19,50-19,51	8,60	Alcalino	0,0	Muito Baixo	12,4	Elevado	2,67	1,23	-0,49	5,55	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa
		20,24-20,25	9,15		Alcalino	0,0	Muito Baixo	18,1	Elevado	2,63	0,92	-0,38	2,33	Areia fina	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Muito leptocúrtica	
		31,50-31,51	8,96		Alcalino	0,0	Muito Baixo	4,2	Moderado	3,00	0,30	-0,09	1,03	Areia fina	Muito bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
		32,50-32,51	8,82		Alcalino	0,0	Muito Baixo	4,8	Moderado	3,06	0,38	-0,11	1,00	Areia muito fina	Bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica	
		33,10-33,11	8,81		Alcalino	0,0	Muito Baixo	4,6	Moderado	3,01	0,40	-0,14	1,09	Areia muito fina	Bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica	
		33,50-33,51	8,97	Alcalino	0,0	Muito Baixo	6,5	Elevado	2,93	0,49	-0,18	1,33	Areia fina	Bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica		





A.II.3 POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO

A.II.3.1 SONDAgens “LONGAS - BARBAROXA DE BAIXO - BB”

Tabela A.II.3-1 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos do interdunar do Barbaroxa de Baixo.

Unidades	Sondagem	Amostras	Prof. Média (m)	Cota (m) (NMM)	pH		Matéria Orgânica		CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:				
					valor	Classificação	%	Classificação	%	Classificação				Diâmetro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):					
Duna E (CDA)		BB Duna E (estaca)			5,18	Acido	1,16	Baixo	0,0	Baixo	98,1	1,9	Areia	0,60	0,72	0,15	1,11	Areia grosseira	Moderadamente bem	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
Duna W (DUNA FRONTAL)		BB Duna w Topo			7,00	Neutro	0,30	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5	Areia	0,87	0,66	-0,06	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica	
		BB Duna w meio (cima)			5,82	Subácido	1,63	Baixo	0,0	Baixo	98,6	1,4	Areia	1,20	0,73	-0,05	0,97	Areia média	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica	
		BB Duna w meio (baixo)			5,60	Subácido	0,42	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,0	1,0	Areia	0,96	0,76	0,02	0,90	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Platicúrtica	
		BB Duna w base			6,08	Subácido	0,38	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6	Areia	1,14	0,68	-0,05	0,99	Areia média	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,84																		
II	BB 3	#1	0,00-0,04	0,020	1,820	4,75	Acido	86,84	Muito elevado	0,0	Baixo	57,5	42,5	Areia Vasosa								
			0,12-0,16	0,140	1,700	4,68	Acido	88,59	Muito elevado	0,0	Baixo	63,9	36,1	Areia Vasosa								
			0,36-0,38	0,370	1,470	4,55	Acido	26,14	Muito elevado	0,0	Baixo	91,2	8,8	Areia pouco Vasosa	0,87	1,70	-0,50	1,08	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito	Mesocúrtica
			0,48-0,50	0,490	1,350	4,63	Acido	24,07	Muito elevado	0,0	Baixo	81,4	18,6	Areia pouco Vasosa	0,98	1,48	-0,42	1,22	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito	Leptocúrtica
		#2	0,52-0,54	0,530	1,310	4,78	Acido	13,06	Muito elevado	0,0	Baixo	94,7	5,3	Areia pouco Vasosa	0,95	1,43	-0,34	1,56	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito	Muito leptocúrtica
			0,60-0,62	0,610	1,230	4,89	Acido	31,22	Muito elevado	0,0	Baixo	93,2	6,8	Areia pouco Vasosa	0,69	1,72	-0,46	0,89	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito	Platicúrtica
			0,72-0,74	0,730	1,110	5,02	Acido	36,99	Muito elevado	0,0	Baixo	90,5	9,5	Areia pouco Vasosa	-0,30	1,76	0,40	0,55	Areia muito grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito positiva	Muito platicúrtica
			0,84-0,88	0,860	0,980	4,63	Acido	19,69	Muito elevado	0,0	Baixo	90,7	9,3	Areia pouco Vasosa	0,43	1,79	-0,43	0,60	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito	Muito platicúrtica
		#3	0,96-1,00	0,980	0,860	4,76	Acido	29,19	Muito elevado	0,0	Baixo	91,0	9,0	Areia pouco Vasosa	0,23	1,77	-0,24	0,53	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria negativa	Muito platicúrtica
			1,08-1,12	1,100	0,740	4,51	Acido	59,59	Muito elevado	0,0	Baixo	96,3	3,7	Areia								
			1,20-1,24	1,220	0,620	4,51	Acido	58,33	Muito elevado	0,0	Baixo	88,9	11,1	Areia pouco Vasosa								
			1,32-1,36	1,340	0,500	4,58	Acido	67,43	Muito elevado	0,0	Baixo	90,8	9,2	Areia pouco Vasosa								
		#4	1,44-1,48	1,460	0,380	4,58	Acido	58,01	Muito elevado	0,0	Baixo	96,0	4,0	Areia								
			1,56-1,60	1,580	0,260	4,22	Hiperácido	86,50	Muito elevado	0,0	Baixo	96,8	3,2	Areia								
			1,68-1,72	1,700	0,140	4,25	Hiperácido	82,84	Muito elevado	0,0	Baixo	97,1	2,9	Areia								
			1,80-1,88	1,840	0,000	3,95	Hiperácido	57,51	Muito elevado	0,0	Baixo	96,1	3,9	Areia								
		#6	1,98-2,04	2,010	-0,170	4,00	Hiperácido	84,93	Muito elevado	0,0	Baixo	93,8	6,2	Areia pouco Vasosa								
			2,16-2,26	2,210	-0,370	3,84	Hiperácido	81,09	Muito elevado	0,0	Baixo	96,2	3,8	Areia								
			2,30-2,38	2,340	-0,500	4,17	Hiperácido	76,29	Muito elevado	0,0	Baixo	82,1	17,9	Areia pouco Vasosa								
			2,50-2,56	2,530	-0,690	3,86	Hiperácido	71,26	Muito elevado	0,0	Baixo	92,3	7,7	Areia pouco Vasosa								
		#7	2,68-2,80	2,740	-0,900	4,10	Hiperácido	80,99	Muito elevado	0,0	Baixo	97,0	3,0	Areia								
			2,80-2,88	2,840	-1,000	3,57	Hiperácido	78,10	Muito elevado	0,0	Baixo	91,3	8,7	Areia pouco Vasosa								
			2,96-3,02	2,990	-1,150	3,30	Hiperácido	82,02	Muito elevado	0,0	Baixo	87,9	12,1	Areia pouco Vasosa								
			3,14-3,20	3,170	-1,330	3,35	Hiperácido	83,21	Muito elevado	0,0	Baixo	95,3	4,7	Areia								
		#9	3,32-3,36	3,340	-1,500	4,40	Hiperácido	90,89	Muito elevado	0,0	Baixo	94,9	5,1	Areia pouco Vasosa								
			3,50-3,54	3,520	-1,680	4,70	Acido	93,39	Muito elevado	0,0	Baixo	94,3	5,7	Areia pouco Vasosa								
			3,66-3,70	3,680	-1,840	4,53	Acido	92,92	Muito elevado	0,0	Baixo	95,3	4,7	Areia								
			3,73-3,77	3,750	-1,910	4,15	Hiperácido	57,59	Muito elevado	0,0	Baixo	90,4	9,6	Areia pouco Vasosa								
Ia		#10	3,88-3,90	3,890	-2,050	5,24	Acido	0,37	Muito Baixo	0,0	Baixo	93,6	6,4	Areia pouco Vasosa	1,46	0,62	-0,14	1,05	Areia média	Moderadamente bem	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			4,00-4,02	4,010	-2,170	4,24	Hiperácido	0,68	Muito Baixo	0,0	Baixo	92,7	7,3	Areia pouco Vasosa	1,11	0,81	-0,03	0,93	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,81																		
II - argila	BB 4		3,64-3,66	3,650	-1,840	3,10	Hiperácido	52,13	Muito elevado	0,0	Baixo	71,0	29,0	Areia Vasosa								
Ib			3,70-3,80	3,750	-1,940	3,14	Hiperácido	2,70	Baixo	0,0	Baixo	95,6	4,4	Areia	0,77	0,74	0,08	1,02	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,78																		
Ib	BB 5		3,96-4,32	4,140	-2,360	3,51	Hiperácido	17,84	Muito elevado	0,0	Baixo	97,0	3,0	Areia	0,95	0,70	0,05	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,70																		
II	BB 7		0,54-0,58	0,560	1,140	4,71	Acido	2,44	Baixo	0,0	Baixo	94,5	5,5	Areia pouco Vasosa	1,71	0,74	-0,05	1,27	Areia média	Moderadamente bem	Simétrica	Leptocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,66																		
II	BB 8	#1	0,53-0,61	0,570	1,090	4,53	Acido	11,15	Muito elevado	0,0	Baixo	95,6	4,4	Areia	1,57	0,69	-0,11	1,17	Areia média	Moderadamente bem	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			3,62-3,64	3,630	-1,970	3,91	Hiperácido	92,74	Muito elevado	0,0	Baixo	70,9	29,1	Areia Vasosa								
			3,86-3,88	3,870	-2,210	4,63	Acido	92,58	Muito elevado	0,0	Baixo	96,7	3,3	Areia								
			3,98-4,00	3,990	-2,330	4,46	Hiperácido	93,69	Muito elevado	0,0	Baixo	96,5	3,5	Areia								
II - argila			4,09-4,16	4,125	-2,465	4,30	Hiperácido	3,62	Moderado	0,0	Baixo	5,6	94,4	Vasa pouco Arenosa								
Ia			4,27-4,35	4,310	-2,650	3,44	Hiperácido	0,98	Muito Baixo	0,0	Baixo	96,3	3,7	Areia	0,99	0,74	0,04	0,98	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				1,87																		
Ia	BB 11		2,35-2,50	2,425	-0,555	3,84	Hiperácido	0,38	Muito Baixo	0,0	Baixo	98,0	2,0	Areia	0,66	0,73	0,22	1,12	Areia grosseira	Moderadamente bem	Assimetria positiva	Leptocúrtica
			2,80-2,90	2,850	-0,980	6,62	Neutro	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	0,87	0,75	0,02	0,92	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
			3,15-3,30	3,225	-1,355	6,83	Neutro	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	0,92	0,73	-0,06	0,93	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
			3,60-3,70	3,650	-1,780	7,74	Subalcalino	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,7	0,3	Areia	0,85	0,76	-0,01	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
			4,00-4,11	4,055	-2,185	7,33	Neutro	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	96,8	3,2	Areia	0,95	0,80	-0,02	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				2,10																		
Ib	BB 13		0,90-1,00	0,950	1,150	5,12	Acido	3,89	Moderado	0,0	Baixo	98,6	1,4	Areia	0,39	0,74	0,09	1,24	Areia grosseira	Moderadamente bem	Simétrica	Leptocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)				2,440																		
Ib	BB 14		0,05-0,23	0,140	2,300	4,74	Acido	9,16	Elevado	0,0	Baixo	91,8	8,2	Areia pouco Vasosa	0,78	1,04	0,23	1,02	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			0,23-0,50	0,365	2,075	5,35	Acido	2,00	Baixo	0,0	Baixo	96,0	4,0	Areia	0,53	0,79	0,10	0,98	Areia grosseira	Moderadamente bem	Assimetria positiva	Mesocúrtica



A.II.4 POÇO DO BARBAROXA DO MEIO

A.II.4.1 SONDAGENS “LONGAS - BARBAROXA DO MEIO - BM”

Tabela A.II.4-1 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos do interdunar do Barbaroxa do Meio.

Unidades	Sondagem	Amostras	Prof. Média (m)	Cota (m) (NMM)	pH		Matéria Orgânica		CaCO <sub>3</sub>		%>63 μm	%<63 μm	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:						
					valor	Classificação	%	Classificação	%	Classificação				Diâmetro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):							
Duna E (CDA)		BM Duna face interna			6,32	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,8	0,2	Areia	0,49	0,61	0,14	0,94	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica			
Duna W (DUNA FRONTAL)		BM Duna w Topo			6,25	Subácido	0,6	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6	Areia	0,57	0,80	0,20	0,91	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica			
		BM Duna w meio Topo			6,71	Neutro	0,6	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,7	0,3	Areia	0,86	0,73	0,04	0,91	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica			
		BM Duna w meio Baixo			6,42	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5	Areia	0,90	0,69	0,02	0,88	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica			
		BM Duna w Base			6,12	Subácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	98,9	1,1	Areia	0,45	0,65	0,13	1,00	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica			
cota da boca do furo (m) (NMM)					1,585																			
II		#1	0,00-0,50	0,02-0,04	0,030	1,810	4,22	Hiperácido	74,6	Muito elevado	0,0	Baixo	51,3	48,7	Areia Vasosa									
				0,14-0,16	0,150	1,690	4,53	Ácido	26,1	Muito elevado	0,0	Baixo	42,1	57,9	Vasa Arenosa									
				0,26-0,28	0,270	1,570	4,47	Hiperácido	37,6	Muito elevado	0,0	Baixo	29,4	70,6	Vasa Arenosa									
				0,38-0,40	0,390	1,450	4,51	Ácido	45,3	Muito elevado	0,0	Baixo	61,2	38,8	Areia Vasosa									
		#2	0,50-1,00	0,50-0,52	0,510	1,330	4,54	Ácido	35,7	Muito elevado	0,0	Baixo	46,2	53,8	Vasa Arenosa									
				0,62-0,64	0,630	1,210	3,28	Hiperácido	86,3	Muito elevado	0,0	Baixo	84,8	15,2	Areia pouco Vasosa									
				0,74-0,76	0,750	1,090	3,56	Hiperácido	80,4	Muito elevado	0,0	Baixo	62,0	38,0	Areia Vasosa									
				0,86-0,88	0,870	0,970	4,13	Hiperácido	56,0	Muito elevado	0,0	Baixo	86,7	13,3	Areia pouco Vasosa									
Ib	BM3	#3	1,00-1,15	0,98-1,00	0,990	0,850	4,15	Hiperácido	66,1	Muito elevado	0,0	Baixo	67,0	33,0	Areia Vasosa									
				1,10-1,12	1,110	0,730	5,09	Ácido	4,2	Moderado	0,0	Baixo	94,8	5,2	Areia pouco Vasosa	0,78	0,82	0,13	1,09	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
		#4A	1,20-1,63	1,22-1,24	1,230	0,610	3,96	Hiperácido	8,6	Elevado	0,0	Baixo	95,8	4,2	Areia	0,86	0,79	0,13	1,03	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				1,26-1,28	1,270	0,570	4,39	Hiperácido	3,7	Moderado	0,0	Baixo	94,6	5,4	Areia pouco Vasosa	0,97	0,79	0,10	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
		#4B	1,63-2,00	1,38-1,40	1,390	0,450	5,12	Ácido	3,8	Moderado	0,0	Baixo	93,4	6,6	Areia pouco Vasosa	1,11	0,81	0,07	0,95	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				1,50-1,52	1,510	0,330	5,14	Ácido	2,4	Baixo	0,0	Baixo	94,8	5,2	Areia pouco Vasosa	1,13	0,77	0,06	0,92	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				1,63-1,66	1,645	0,195	4,87	Ácido	1,7	Baixo	0,0	Baixo	94,2	5,8	Areia pouco Vasosa	1,30	0,81	0,01	1,01	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				1,76-1,78	1,770	0,070	5,24	Ácido	0,8	Muito Baixo	0,0	Baixo	96,7	3,3	Areia	1,21	0,70	-0,01	1,01	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
Ia		#4C	2,00-2,39	1,88-1,90	1,890	-0,050	4,83	Ácido	1,6	Baixo	0,0	Baixo	97,9	2,1	Areia	1,10	0,63	-0,05	0,96	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,00-2,02	2,010	-0,170	6,37	Subácido	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,0	1,0	Areia	1,09	0,61	-0,02	0,91	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,06-2,08	2,070	-0,230	6,64	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	1,07	0,62	0,00	0,95	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,12-2,14	2,130	-0,290	6,81	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	1,02	0,60	0,01	0,93	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,24-2,26	2,250	-0,410	6,77	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	1,01	0,60	0,00	0,95	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,36-2,39	2,375	-0,535	6,84	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5	Areia	1,02	0,60	0,00	0,96	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
		#4D	2,39-2,77	2,50-2,52	2,510	-0,670	6,91	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6	Areia	1,04	0,58	-0,04	1,00	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				2,62-2,64	2,630	-0,790	6,92	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,3	0,7	Areia	1,05	0,57	-0,01	1,00	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
#5	2,79-2,87	2,72-2,77	2,745	-0,905	6,82	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	98,8	1,2	Areia	1,05	0,56	0,03	0,99	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica			
		2,79-2,81	2,800	-0,960	6,36	Subácido	0,2	Muito Baixo	0,0	Baixo	51,4	48,6	Areia Vasosa	1,65	0,91	0,23	1,11	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtic			
cota da boca do furo (m) (NMM)					1,82																			
II-argila		BM4			1,07-1,14	1,105	0,715	3,78	Hiperácido	5,1	Elevado	0,0	Baixo	3,1	96,9	Vasa								
Ia					2,58-2,68	2,580	-0,760	3,99	Hiperácido	1,2	Baixo	0,0	Baixo	79,3	20,7	Areia pouco Vasosa	1,37	0,95	0,12	1,15	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtic
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,29																			
II					0,00-0,25	0,125	2,165	4,90	Ácido	15,1	Muito elevado	0,0	Baixo	96,1	3,9	Areia	1,02	1,07	-0,09	0,93	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
Ib					0,63-0,70	0,665	1,625	4,73	Ácido	5,6	Elevado	0,0	Baixo	95,7	4,3	Areia	-0,05	0,50	0,15	1,16	Areia muito grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtic
					1,30-1,43	1,365	0,925	5,63	Subácido	5,3	Elevado	0,0	Baixo	97,0	3,0	Areia	0,94	0,82	-0,06	0,91	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
Ia		#1	2,00-2,93	2,12-2,14	2,130	0,160	3,63	Hiperácido	0,6	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5	Areia	0,68	0,60	0,14	1,18	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtic	
				2,36-2,38	2,370	-0,080	3,72	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,63	0,70	0,18	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				2,60-2,62	2,610	-0,320	4,01	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,64	0,69	0,09	0,87	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica	
				2,84-2,86	2,850	-0,560	4,19	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,8	0,2	Areia	0,69	0,43	0,28	1,04	Areia grosseira	Bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				3,03-3,05	3,040	-0,750	3,88	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,70	0,73	0,04	0,91	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				3,15-3,17	3,160	-0,870	3,82	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,74	0,73	-0,06	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
		#3	3,15-3,55	3,27-3,29	3,280	-0,990	3,71	Hiperácido	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,64	0,74	-0,02	0,90	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica	
				3,39-3,41	3,400	-1,110	3,72	Hiperácido	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	97,2	2,8	Areia	0,78	0,78	0,01	0,99	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				3,51-3,53	3,520	-1,230	3,89	Hiperácido	0,2	Muito Baixo	0,0	Baixo	96,1	3,9	Areia	0,98	0,68	0,05	1,02	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,52																			
Ib		BM14			0,70-0,80	0,750	1,770	5,21	Ácido	2,6	Baixo	0,0	Baixo	96,4	3,6	Areia	0,29	0,65	0,20	1,42	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtic
boca do furo (m) (NMM)					1,88																			
Ia		BM15		1,60-1,70	1,650	0,230	6,15	Subácido	0,2	Muito Baixo	0,0	Baixo	76,7	23,3	Areia pouco Vasosa	1,17	0,98	-0,05	1,12	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtic	
				1,70-1,85	1,775	0,105	7,14	Neutro	0,1	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,3	0,7	Areia	0,45	0,76	0,21	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				2,00-2,15	2,075	-0,195	6,90	Neutro	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6	Areia	0,45	0,83	0,21	0,90	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica	
				2,40-2,55	2,475	-0,595	7,21	Neutro	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,37	0,66	0,22	1,05	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				2,70-2,86	2,780	-0,900	7,01	Neutro	0,0	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,44	0,75	0,19	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,64																			
Ib		BM20		0,55-0,70	0,625	2,015	5,94	Subácido	2,4	Baixo	0,0	Baixo	94,7	5,3	Areia pouco Vasosa	0,83	0,86	0,12	0,99	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
				1,06-1,20	1,130	1,510	6,64	Neutro	2,1	Baixo	0,0	Baixo	78,5	21,5	Areia pouco Vasosa	0,83	0,92	0,11	0,91	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,01																			
Ib		BM21		0,48-0,58	0,530	2,480	5,38	Ácido	4,4	Moderado	0,0	Baixo	92,5	7,5	Areia pouco Vasosa	0,91	0,80	0,06	1,06	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
				1,20-1,30	1,250	1,760	5,23	Ácido	2,1	Baixo	0,0	Baixo	96,9	3,1	Areia	1,12	0,58	-0,03	1,03	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	





A.II.5 POÇO DO BARBAROXA DE CIMA

A.II.5.1 SONDAgens “LONGAS - BARBAROXA DE CIMA - BC”

Tabela A.II.5-1 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos do interdunar do Barbaroxa de Cima.

Unidades	Sondagem	Amostras	Prof. Média (m)	Cota (m) (NMM)	pH		Matéria Orgânica		CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:					
					valor	Classificação	%	Classificação	%	Classificação				Diâmetro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):						
Duna W (CDA)		BC Duna W			6,68	Neutro	0,04	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,8	0,2	Areia	0,41	0,76	0,25	0,96	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica		
		BC Duna pedogeneizada			5,63	Subácido	1,06	Baixo	0,0	Baixo	96,4	3,6	Areia	1,23	0,72	-0,09	0,93	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,24																		
II	BC2	#1 0.00-0.50	0,02-0,08	0,05	2,190	3,93	Hiperácido	85,83	Muito elevado	0,0	Baixo	88,0	12,0	Areia pouco Vasosa									
			0,14-0,20	0,17	2,070	4,08	Hiperácido	87,38	Muito elevado	0,0	Baixo	86,9	13,1	Areia pouco Vasosa									
			0,26-0,32	0,29	1,950	4,15	Hiperácido	86,72	Muito elevado	0,0	Baixo	90,2	9,8	Areia pouco Vasosa									
			0,40-0,42	0,41	1,830	4,69	Ácido	82,39	Muito elevado	0,0	Baixo	89,9	10,1	Areia pouco Vasosa									
			0,46-0,48	0,47	1,770	4,52	Ácido	59,98	Muito elevado	0,0	Baixo	42,3	57,7	Vasa Arenosa									
		#2 0.50-1.00	0,50-0,52	0,51	1,730	4,49	Hiperácido	81,84	Muito elevado	0,0	Baixo	51,4	48,6	Areia Vasosa									
			0,56-0,58	0,57	1,670	4,89	Ácido	50,91	Muito elevado	0,0	Baixo	88,2	11,8	Areia pouco Vasosa									
			0,58-0,60	0,59	1,650	4,94	Ácido	61,95	Muito elevado	0,0	Baixo	88,4	11,6	Areia pouco Vasosa									
			0,70-0,72	0,71	1,530	4,88	Ácido	77,43	Muito elevado	0,0	Baixo	77,6	22,4	Areia pouco Vasosa									
			0,80-0,84	0,82	1,420	4,51	Ácido	90,65	Muito elevado	0,0	Baixo	92,0	8,0	Areia pouco Vasosa									
			0,86-0,88	0,87	1,370	4,63	Ácido	83,17	Muito elevado	0,0	Baixo	91,2	8,8	Areia pouco Vasosa									
			0,94-0,96	0,95	1,290	4,89	Ácido	47,85	Muito elevado	0,0	Baixo	78,9	21,1	Areia pouco Vasosa									
		#3 1.00-1.50	1,00-1,02	1,01	1,230	4,50	Ácido	92,28	Muito elevado	0,0	Baixo	93,2	6,8	Areia pouco Vasosa									
			1,12-1,14	1,13	1,110	4,30	Hiperácido	96,36	Muito elevado	0,0	Baixo	91,0	9,0	Areia pouco Vasosa									
			1,22-1,26	1,24	1,000	4,20	Hiperácido	97,39	Muito elevado	0,0	Baixo	92,4	7,6	Areia pouco Vasosa									
			1,34-1,38	1,36	0,880	4,31	Hiperácido	97,23	Muito elevado	0,0	Baixo	92,5	7,5	Areia pouco Vasosa									
		#4 1.50-2.00	1,46-1,50	1,48	0,760	4,17	Hiperácido	92,63	Muito elevado	0,0	Baixo	92,5	7,5	Areia pouco Vasosa									
			1,58-1,62	1,60	0,640	4,22	Hiperácido	96,03	Muito elevado	0,0	Baixo	87,7	12,3	Areia pouco Vasosa									
			1,70-1,74	1,72	0,520	4,30	Hiperácido	96,98	Muito elevado	0,0	Baixo	93,8	6,2	Areia pouco Vasosa									
			1,82-1,86	1,84	0,400	4,30	Hiperácido	97,91	Muito elevado	0,0	Baixo	92,8	7,2	Areia pouco Vasosa									
		#5 2.00-2.50	1,94-1,98	1,96	0,280	4,20	Hiperácido	95,32	Muito elevado	0,0	Baixo	90,8	9,2	Areia pouco Vasosa									
			2,06-2,12	2,09	0,150	4,50	Ácido	96,18	Muito elevado	0,0	Baixo	83,9	16,1	Areia pouco Vasosa									
			2,18-2,24	2,21	0,030	4,40	Hiperácido	98,82	Muito elevado	0,0	Baixo	89,9	10,1	Areia pouco Vasosa									
			2,30-2,36	2,33	-0,090	4,35	Hiperácido	96,81	Muito elevado	0,0	Baixo	91,7	8,3	Areia pouco Vasosa									
		#6 2.50-3.00	2,42-2,48	2,45	-0,210	4,27	Hiperácido	96,86	Muito elevado	0,0	Baixo	97,0	3,0	Areia									
			2,54-2,66	2,60	-0,360	4,33	Hiperácido	95,76	Muito elevado	0,0	Baixo	92,4	7,6	Areia pouco Vasosa									
			2,86-2,97	2,92	-0,675	4,62	Ácido	90,35	Muito elevado	0,0	Baixo	98,7	1,3	Areia									
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,5																		
lb'	II	BC3	0,13-0,36	0,25	2,255	4,37	Hiperácido	1,31	Baixo	0,0	Baixo	95,9	4,1	Areia	0,42	0,88	0,26	1,04	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica	
0,36-0,50			0,43	2,070	4,90	Ácido	23,71	Muito elevado	0,0	Baixo	95,8	4,2	Areia										
0,74-0,94			0,84	1,660	5,86	Subácido	33,66	Muito elevado	0,0	Baixo	52,6	47,4	Areia Vasosa	1,27	1,35	-0,10	0,75	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica		
1,07-1,20			1,14	1,365	4,85	Ácido	9,20	Elevado	0,0	Baixo	97,8	2,2	Areia	0,12	0,69	0,12	1,08	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica		
1,20-1,40			1,30	1,200	5,57	Subácido	2,00	Baixo	0,0	Baixo	99,1	0,9	Areia	0,23	0,57	0,00	1,07	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
1,85-2,00			1,93	0,575	5,31	Ácido	0,05	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	0,67	0,79	0,08	0,91	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
2,20-2,30			2,25	0,250	5,56	Subácido	0,55	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6	Areia	0,74	0,71	0,13	1,02	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica		
2,50-2,60			2,55	-0,050	5,89	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,75	0,76	-0,01	0,92	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
2,80-2,95			2,88	-0,375	5,65	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5	Areia	0,61	0,75	0,04	0,93	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
3,00-3,20			3,10	-0,600	5,82	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,7	0,3	Areia	0,80	0,77	0,04	0,86	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica		
3,20-3,40			3,30	-0,800	5,78	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,88	0,80	-0,02	0,89	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica		
3,40-3,60			3,50	-1,000	5,82	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4	Areia	0,76	0,77	0,00	0,89	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica		
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,195																		
lb	BC 5		1,75-1,90	1,83	0,370	4,88	Ácido	3,43	Moderado	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	0,58	0,56	0,05	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,2																		
II	BC6	3.00-3.50	3,12-3,20	3,16	-0,960	4,28	Hiperácido	94,91	Muito elevado	0,0	Baixo	82,0	18,0	Areia pouco Vasosa									
			3,32-3,44	3,38	-1,180	4,11	Hiperácido	97,20	Muito elevado	0,0	Baixo	94,9	5,1	Areia pouco Vasosa									
		3.50-3.80	3,50-3,58	3,54	-1,340	3,39	Hiperácido	87,45	Muito elevado	0,0	Baixo	89,5	10,5	Areia pouco Vasosa									
			3,70-3,78	3,75	-1,550	4,61	Ácido	92,62	Muito elevado	0,0	Baixo	94,9	5,1	Areia pouco Vasosa									
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,28																		
lb	BC12	la	1,20-1,30	1,25	1,030	4,86	Ácido	9,87	Elevado	0,0	Baixo	97,8	2,2	Areia	0,86	0,60	-0,12	1,44	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica	
2,20-2,30			2,25	0,030	5,46	Ácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	95,5	4,5	Areia	1,22	0,70	0,11	1,06	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica		
2,40-2,50			2,45	0,170	5,76	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	91,4	8,6	Areia pouco Vasosa	1,43	0,80	0,05	1,22	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
2,65-2,80			2,73	-0,445	5,74	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	97,6	2,4	Areia	0,74	0,81	0,09	0,90	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,95																		
lb	BC13	la	0,00-0,19	0,10	2,850	3,89	Hiperácido	5,45	Elevado	0,0	Baixo	97,7	2,3	Areia	1,00	0,73	-0,02	1,11	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
0,40-0,50			0,45	2,495	5,06	Ácido	2,38	Baixo	0,0	Baixo	92,5	7,5	Areia pouco Vasosa	0,76	0,63	0,00	1,07	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
la			1,00-1,20	1,10	1,845	5,12	Ácido	0,40	Muito Baixo	0,0	Baixo	96,7	3,3	Areia	1,20	0,56	-0,06	1,03	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
cota da boca do furo (m) (NMM)					2,17																		
la	BC15		3,85-3,95	3,90	-1,730	5,78	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	97,8	2,2	Areia	0,12	0,75	0,24	0,89	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica	
3,95-4,10			4,03	-1,855	5,81	Subácido	0,00	Muito Baixo	0,0	Baixo	97,1	2,9	Areia	0,32	0,81	0,07	0,90	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Platicúrtica		





A.II.6 LAGOA DA SANCHA  
A.II.6.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS

Tabela A.II.6 - 1 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos superficiais do sistema litoral da Lagoa da Sancha.

	Amostras	pH		% Matéria organica				CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	% Siltes	% Argilas (<2mm)	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:			
		valor	Classificação	titulação	Classificação	mufla	Classificação	%	Classificação						Diametro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):				
Face de praia	LSP 1	8,33	Subalcalino			0,00	Muito Baixo	6,2	Elevado	99,8	0,2			Areia	0,04	0,75	0,45	1,05	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito positiva	Mesocúrtica
1ª berma	LSP 2	8,37	Subalcalino			0,00	Muito Baixo	2,2	Moderado	99,8	0,2			Areia	-0,55	0,66	0,40	2,30	Areia muito grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito positiva	Muito leptocúrtica
2ª berma	LSP 3	8,22	Subalcalino			0,00	Muito Baixo	1,4	Baixo	99,9	0,1			Areia	-0,57	0,41	0,43	2,20	Areia muito grosseira	Bem calibrado	Assimetria muito positiva	Muito leptocúrtica
3ª berma	LSP 4	8,31	Subalcalino			0,00	Muito Baixo	2,0	Baixo	100,0	0,0			Areia	0,11	0,77	0,54	1,17	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria muito positiva	Leptocúrtica
Duna embrionária	LSP 5	8,22	Subalcalino			0,25	Muito Baixo	3,9	Moderado	99,9	0,1			Areia	1,12	0,66	-0,17	0,98	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
	LSP 6	7,41	Neutro			0,58	Muito Baixo	0,2	Baixo	99,9	0,1			Areia	1,31	0,62	-0,22	1,17	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
	LSP 7	7,72	Subalcalino			0,61	Muito Baixo	0,2	Baixo	99,9	0,1			Areia	1,31	0,67	-0,29	1,17	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
Duna frontal (aba W)	LSP 8.1	6,88	Neutro			0,92	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,0	1,0			Areia	0,48	0,91	0,22	0,84	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica
	LSP 8.2	7,13	Neutro			0,22	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,8	0,2			Areia	0,70	0,78	0,06	0,85	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
Duna frontal (1ª crista)	LSP 9	6,62	Neutro			0,59	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,6	0,4			Areia	0,89	0,89	-0,15	0,80	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica
Duna frontal (2ª crista)	LSP 10	5,51	Subácido			0,58	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,0	1,0			Areia	0,98	0,73	-0,02	0,85	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
Duna frontal (3ª crista)	LSP 11	5,84	Subácido			0,39	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6			Areia	0,39	0,67	0,20	1,03	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
Duna frontal (4ª crista)	LSP 12	5,32	Ácido			0,58	Muito Baixo	0,0	Baixo	98,4	1,6			Areia	1,10	0,78	-0,09	0,90	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
Duna frontal (aba E)	LSP 13	5,63	Subácido			0,75	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8			Areia	1,03	0,69	-0,02	0,89	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica
	LSP 14	5,05	Ácido			0,44	Muito Baixo	0,0	Baixo	98,9	1,1			Areia	1,17	0,71	-0,10	0,95	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
	LSP 15	5,17	Ácido			0,52	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,4	0,6			Areia	1,07	0,73	-0,12	0,92	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
	LSP 16	5,61	Subácido			0,41	Muito Baixo	0,0	Baixo	99,5	0,5			Areia	0,98	0,69	-0,08	0,89	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Platicúrtica

Tabela A.II.6 - 2 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos superficiais do sistema lagunar da Lagoa da Sancha.

Amostras	pH		% Matéria organica				CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	% Siltes	% Argilas (<2mm)	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:			
	valor	Classificação	titulação	Classificação	mufla	Classificação	%	Classificação						Diametro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):				
LSD1A	3,07	Hiperácido	12,6	Muito elevado			0,0	Baixo	1,0	99,0	83,8	15,2	Vasa								
LSD2A	2,72	Hiperácido	15,4	Muito elevado			0,0	Baixo	1,9	98,1	87,7	10,4	Vasa								
LSD3A	2,75	Hiperácido	11,9	Muito elevado			0,0	Baixo	1,3	98,7	85,1	13,6	Vasa								
LSD4A	2,71	Hiperácido	16,9	Muito elevado			0,0	Baixo	2,2	97,8	86,3	11,6	Vasa								
LSD5A	2,68	Hiperácido	17,5	Muito elevado			0,0	Baixo	2,4	97,6	85,6	12,0	Vasa								
LSD6A	3,09	Hiperácido	17,2	Muito elevado			0,0	Baixo	0,9	99,1	88,2	10,9	Vasa								
LSD7A	2,66	Hiperácido	18,3	Muito elevado			0,0	Baixo	1,0	99,0	87,0	12,0	Vasa								
LSD8A	3,18	Hiperácido	15,0	Muito elevado			0,0	Baixo	29,5	70,5	64,8	5,7	Vasa Arenosa	2,04	0,64	-0,21	1,13	Areia fina	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica

Tabela A.II.6 - 3 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos superficiais do sistema fluvial da Lagoa da Sancha.

	Amostras	pH		% Matéria organica			CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	% Siltes	% Argilas (<2mm)	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:				
		valor	Classificação	titulação	Classificação	mufla	Classificação	%						Classificação	Diametro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):					Curtose (KS):
Várzea da Lagoa da Sancha	LSF1	5,92	Subácido	0,31	Muito Baixo	1,43	Baixo	0,0	Baixo	84,6	15,4	13,0	2,5	Areia pouco Vasosa	0,90	0,92	0,12	3,23	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
Ribª Barranco dos Bêbados	LSF2	5,18	Ácido	0,80	Muito Baixo	2,44	Baixo	0,0	Baixo	70,7	29,4	24,2	5,2	Areia Vasosa	0,92	1,05	-0,15	3,50	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
Ribª Barranco dos Bêbados	LSF3	5,07	Ácido	0,79	Muito Baixo	2,21	Baixo	0,0	Baixo	70,5	29,5	24,4	5,1	Areia Vasosa	1,04	1,06	-0,42	3,97	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
Vertente NE da Ribª do Barranco dos Bêbados	LSF4																		Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
		5,22	Ácido	3,38	Moderado	3,75	Moderado	0,0	Baixo	86,0	14,0	12,5	1,5	Areia pouco Vasosa	0,69	1,25	0,25	2,96				
Níveis avermelhados de areeiro	LSPQ	4,60	Ácido	0,35	Muito Baixo	2,83	Baixo	0,0	Baixo	81,1	18,9	14,4	4,5	Areia pouco Vasosa	0,54	0,94	0,48	4,21	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica



A.II.6.2 SONDAGENS “LONGAS - LS”

Tabela A.II.6 - 4 - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos das sondagens efectuadas na Lagoa da Sancha.

Unidades	Sondagem	Amostras	Prof. Média (m)	Cota (m) (NMM)	pH		% Matéria Orgânica				CaCO <sub>3</sub>		%>63 μm	%<63 μm	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:					
					valor	Classificação	Titulação	Classificação	Mufla	Classificação	%	Classificação				Diametro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):						
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,36																				
III		#1A - 0,00-0,50	0,02-0,04	0,03	3,33	2,41	Hiperácido	12,8	Muito elevado	26,32	Muito elevado	0,0	Baixo	3,8	96,2	Vasa									
			0,26-0,28	0,27	3,09	3,00	Hiperácido	4,2	Moderado	13,88	Muito elevado	0,0	Baixo	0,8	99,2	Vasa									
			0,38-0,40	0,39	2,97	2,51	Hiperácido	12,7	Muito elevado	34,84	Muito elevado	0,0	Baixo	9,4	90,6	Vasa pouco Arenosa									
II	LS 6A	#2A - 0,50-0,90	0,54-0,56	0,55	2,81	2,10	Hiperácido			25,35	Muito elevado	0,0	Baixo	21,0	79,0	Vasa pouco Arenosa									
			0,66-0,68	0,67	2,69	1,91	Hiperácido			63,04	Muito elevado	0,0	Baixo	48,1	51,9	Vasa Arenosa									
			0,84-0,86	0,85	2,51	2,78	Hiperácido			25,25	Muito elevado	0,0	Baixo	52,5	47,5	Areia Vasosa	1,80	0,90	-0,18	1,76	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Muito	
		#3A - 0,85-1,30	0,98-1,00	0,99	2,38	4,65	Ácido			51,51	Muito elevado	0,0	Baixo	29,3	70,7	Vasa Arenosa									
			1,10-1,12	1,11	2,26	4,98	Ácido			46,57	Muito elevado	0,0	Baixo	19,7	80,3	Vasa pouco Arenosa									
			1,22-1,24	1,23	2,13	4,25	Hiperácido			39,73	Muito elevado	0,0	Baixo	23,7	76,3	Vasa pouco Arenosa									
		#4A - 1,20-1,70	1,34-1,36	1,35	2,01	4,70	Ácido			46,94	Muito elevado	0,0	Baixo	7,4	92,6	Vasa pouco Arenosa									
			1,52-1,54	1,53	1,83	4,99	Ácido			67,01	Muito elevado	0,0	Baixo	41,0	59,0	Vasa Arenosa									
			1,70-1,72	1,71	1,65	4,14	Hiperácido			76,89	Muito elevado	0,0	Baixo	57,5	42,5	Areia Vasosa									
		#5A - 1,65-2,15	1,88-1,90	1,89	1,47	1,95	Hiperácido			70,43	Muito elevado	0,0	Baixo	24,2	75,8	Vasa pouco Arenosa									
			2,06-2,08	2,07	1,29	1,97	Hiperácido			51,54	Muito elevado	0,0	Baixo	18,9	81,1	Vasa pouco Arenosa									
			2,20-2,22	2,21	1,15	4,48	Hiperácido			6,56	Elevado	0,0	Baixo	85,4	14,6	Areia pouco Vasosa	1,29	0,75	0,01	1,10	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
Ib		#6A - 2,15-3,35	2,38-2,40	2,39	0,97	4,48	Hiperácido	1,5	Baixo	2,12	Baixo	0,0	Baixo	91,8	8,2	Areia pouco Vasosa	0,91	0,87	-0,05	1,13	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica	
			2,56-2,58	2,57	0,79	4,81	Ácido	1,1	Baixo	1,39	Baixo	0,0	Baixo	89,8	10,2	Areia pouco Vasosa	0,96	0,86	-0,08	1,11	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica	
Ia	2,74-2,76		2,75	0,61	4,76	Ácido	1,1	Baixo	0,84	Muito baixo	0,0	Baixo	92,3	7,7	Areia pouco Vasosa	1,10	0,78	-0,03	1,09	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
	2,92-2,94		2,93	0,43	3,58	Hiperácido	0,6	Muito baixo	0,78	Muito baixo	0,0	Baixo	90,1	9,9	Areia pouco Vasosa	1,05	0,78	-0,03	1,04	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
	2,98-3,00		2,99	0,37	5,12	Ácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	83,5	16,5	Areia pouco Vasosa	1,06	0,79	-0,04	1,11	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
	3,10-3,12		3,11	0,25	3,22	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	89,6	10,4	Areia pouco Vasosa	1,09	0,85	-0,05	1,14	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
	3,22-3,24		3,23	0,13	3,36	Hiperácido	0,6	Muito baixo	0,97	Muito baixo	0,0	Baixo	91,4	8,6	Areia pouco Vasosa	1,01	0,84	-0,08	1,17	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
	3,50-3,60		3,55	- 0,20	3,70	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	95,0	5,0	Areia pouco Vasosa	1,01	0,84	-0,08	1,17	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
	3,60-3,70		3,65	- 0,30	4,47	Hiperácido	0	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	89,5	10,5	Areia pouco Vasosa	1,36	1,04	-0,10	1,21	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica		
	3,95-4,03		3,99	- 0,64	3,65	Hiperácido	0	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	97,1	2,9	Areia	0,74	0,63	-0,03	1,08	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
	4,30-4,40		4,35	- 1,00	3,34	Hiperácido	0,2	Muito baixo	0,69	Muito baixo	0,0	Baixo	96,7	3,3	Areia	0,72	0,88	-0,01	1,04	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica		
	cota da boca do furo (m) (NMM)					3,36																			
Ib		LS7	2,15-2,25	2,20	1,16	5,00	Ácido	3,8	Moderado	4,79	Moderado	0,0	Baixo	90,6	9,4	Areia pouco Vasosa	1,05	0,90	-0,08	1,14	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica	
			2,25-2,35	2,30	1,06	3,86	Hiperácido	1,5	Baixo	2,31	Baixo	0,0	Baixo	90,5	9,5	Areia pouco Vasosa	1,04	0,92	-0,07	1,07	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
			2,35-2,45	2,40	0,96	3,73	Hiperácido	1,8	Baixo	3,98	Moderado	0,0	Baixo	90,8	9,2	Areia pouco Vasosa	1,10	0,94	-0,14	1,11	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica	
			2,45-2,55	2,50	0,86	3,43	Hiperácido	0,9	Muito baixo	1,78	Baixo	0,0	Baixo	94,4	5,6	Areia pouco Vasosa	1,05	0,92	-0,16	1,14	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica	
			2,55-2,65	2,60	0,76	3,21	Hiperácido	0,8	Muito baixo	2,69	Baixo	0,0	Baixo	94,0	6,0	Areia pouco Vasosa	1,01	0,84	-0,10	1,12	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica	
Ia	2,65-2,75		2,70	0,66	3,03	Hiperácido	0,5	Muito baixo	1,68	Baixo	0,0	Baixo	97,3	2,7	Areia	0,70	1,12	-0,27	1,33	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica		
	2,75-2,85		2,80	0,56	3,12	Hiperácido	0,2	Muito baixo	0,54	Muito baixo	0,0	Baixo	98,0	2,0	Areia	0,85	0,89	-0,18	1,19	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica		
	2,85-2,95		2,90	0,46	3,12	Hiperácido	0,6	Muito baixo	1,15	Baixo	0,0	Baixo	98,3	1,7	Areia	0,79	1,28	-0,41	1,70	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Muito		
	2,95-3,05		3,00	0,36	3,02	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,91	Muito baixo	0,0	Baixo	97,7	2,3	Areia	0,64	1,38	-0,42	1,54	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Muito		
	3,05-3,15		3,10	0,26	3,13	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	98,6	1,4	Areia	0,82	0,90	-0,21	1,07	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica		
	3,15-3,25		3,20	0,16	2,89	Hiperácido	0	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	97,4	2,6	Areia	0,83	0,92	-0,14	1,03	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica		
	3,50-3,64		3,57	- 0,22	3,51	Hiperácido	0	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	96,6	3,4	Areia	0,06	1,48	-0,37	1,09	Areia grosseira	Mal calibrado	Assimetria muito negativa	Mesocúrtica		
	4,00-4,20	4,10	- 0,75	3,24	Hiperácido	0,17	Muito baixo	0,64	Muito baixo	0,0	Baixo	96,1	3,9	Areia	-0,72	2,03	-0,37	0,96	Areia muito grosseira	Muito mal calibrado	Assimetria muito negativa	Mesocúrtica			
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,36																				
Ib		LS8	2,20-2,40	2,30	1,06	3,78	Hiperácido	1,82	Baixo	3,46	Moderado	0,0	Baixo	88,3	11,7	Areia pouco Vasosa	0,88	0,87	-0,07	1,07	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
			2,48-2,58	2,53	0,83	2,81	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	98,4	1,6	Areia	1,13	0,83	-0,23	1,20	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica	
			2,73-2,93	2,83	0,53	2,74	Hiperácido	0,36	Muito baixo	1,22	Baixo	0,0	Baixo	98,2	1,8	Areia	0,83	1,11	-0,33	1,31	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica	
3,03-3,23	3,13		0,23	3,23	Hiperácido	0,20	Muito baixo	0,66	Muito baixo	0,0	Baixo	98,5	1,5	Areia	0,67	0,93	-0,18	1,03	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica			
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,48																				
Ib		LS9	1,45-1,55	1,50	1,98	3,24	Hiperácido	1,43	Baixo	5,89	Elevado	0,0	Baixo	96,0	4,0	Areia	0,05	0,70	0,29	1,31	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica	
			1,55-1,65	1,60	1,88	4,61	Ácido	2,46	Baixo	5,81	Elevado	0,0	Baixo	96,5	3,5	Areia	0,26	0,74	0,25	1,18	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica	
			1,65-1,75	1,70	1,78	5,31	Ácido	1,81	Baixo	2,94	Baixo	0,0	Baixo	96,9	3,1	Areia	0,06	0,68	0,25	1,12	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica	
			1,75-1,90	1,83	1,65	4,90	Ácido	1,01	Baixo	3,30	Moderado	0,0	Baixo	97,7	2,3	Areia	0,12	0,69	0,26	1,11	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Leptocúrtica	
Ia			2,70-2,80	2,75	0,73	3,33	Hiperácido	0,20	Muito baixo	0,53	Muito baixo	0,0	Baixo	96,8	3,2	Areia	0,86	0,86	-0,05	0,92	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Simétrica	Mesocúrtica	
			3,25-3,35	3,30	0,18	2,69	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	98,7	1,3	Areia	0,85	0,86	-0,24	1,06	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica	

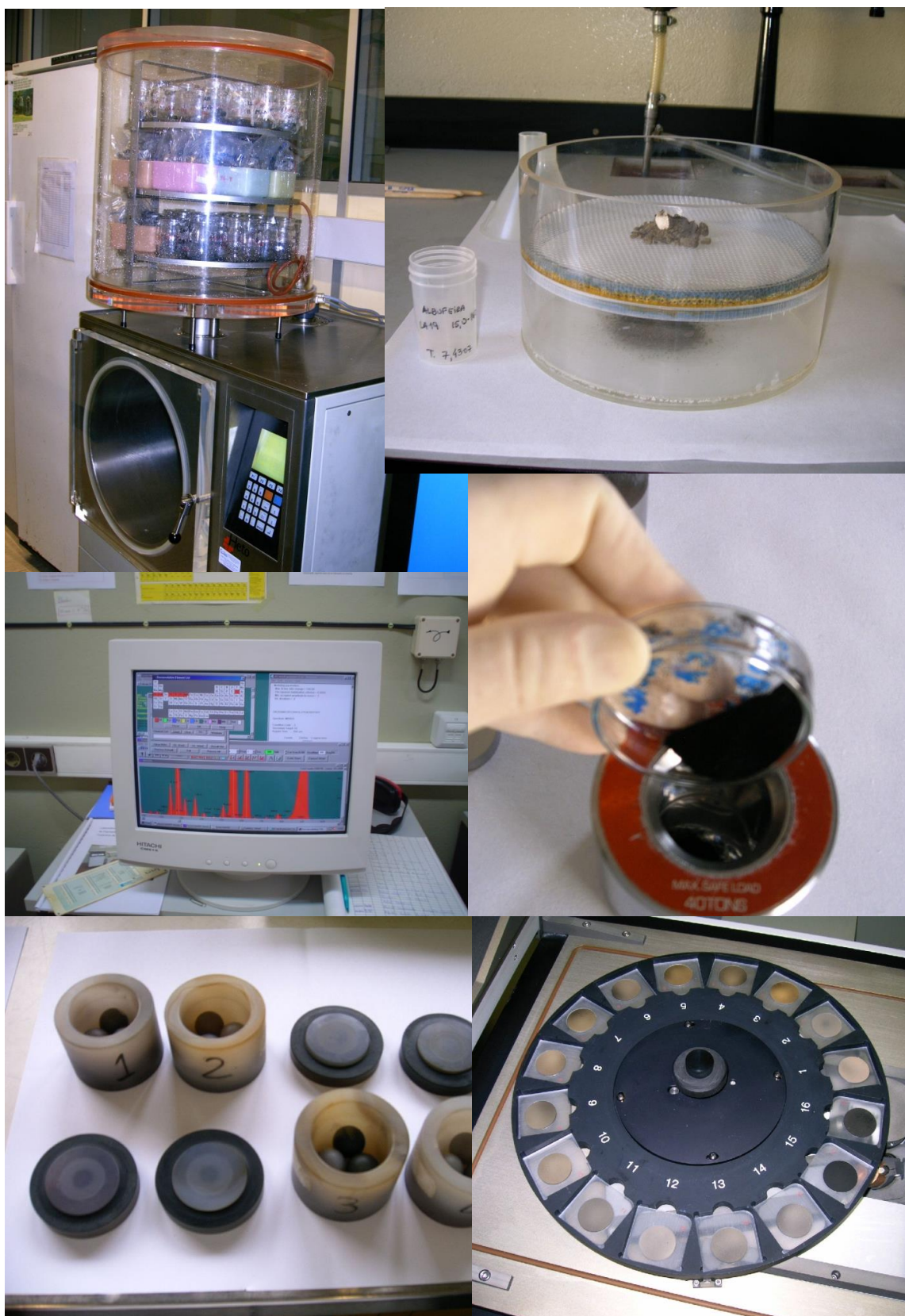


Tabela A.II.6 - 4 (continuação) - Resultados da análise sedimentológica, nomeadamente dos parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos das sondagens efectuadas na Lagoa da Sancha.

Unidades	Sondagem	Amostras	Prof. Média (m)	Cota (m) (NMM)	pH		% Matéria Orgânica				CaCO <sub>3</sub>		%>63 µm	%<63 µm	Classificação de Flemming (2000)	Granulometria - Parâmetros gráficos				Conclusões do método gráfico:				
					valor	Classificação	Titulação	Classificação	Mufla	Classificação	%	Classificação				Diametro médio (MZ):	Grau de dispersão (s1):	Assimetria (SKI):	Curtose (KS):					
cota da boca do furo (m) (NMM)					4,40																			
Ia'	LS10	#1 - 1,60-2,17	0,00-0,20	0,10	3,30	3,98	Hiperácido	0,53	Muito baixo	1,01	Baixo	0,0	Baixo	96,1	3,9	Areia	0,97	0,61	-0,01	0,92	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			0,20-0,40	0,30	3,10	3,99	Hiperácido	0,22	Muito baixo	0,48	Muito baixo	0,0	Baixo	98,1	1,9	Areia	1,33	0,48	-0,03	1,01	Areia média	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			0,40-0,60	0,50	2,90	4,15	Hiperácido	0,24	Muito baixo	0,45	Muito baixo	0,0	Baixo	99,1	0,9	Areia	1,24	0,47	0,02	0,96	Areia média	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			0,60-0,80	0,70	2,70	4,06	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	1,37	0,43	0,00	0,98	Areia média	Bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
			0,80-1,00	0,90	2,50	4,06	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	96,6	3,4	Areia	0,53	0,86	0,18	0,87	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Platicúrtica
			1,00-1,20	1,10	2,30	3,95	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	98,8	1,2	Areia	0,21	0,75	0,23	1,05	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
Ib		#1 - 1,60-2,17	1,20-1,40	1,30	2,10	4,11	Hiperácido	0,18	Muito baixo	0,36	Muito baixo	0,0	Baixo	98,7	1,3	Areia	0,20	0,71	0,20	1,04	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			1,40-1,60	1,50	1,90	3,13	Hiperácido	1,04	Baixo	4,57	Moderado	0,0	Baixo	98,6	1,4	Areia	0,29	0,69	0,18	0,99	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			1,62-1,64	1,63	1,77	2,53	Hiperácido	0,31	Muito baixo	1,02	Baixo	0,0	Baixo	97,9	2,1	Areia	0,23	0,76	0,20	0,99	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			1,74-1,76	1,75	1,65	2,30	Hiperácido	0,61	Muito baixo	2,79	Baixo	0,0	Baixo	97,2	2,8	Areia	0,14	0,67	0,22	1,06	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			1,86-1,88	1,87	1,53	2,35	Hiperácido	0,56	Muito baixo	1,87	Baixo	0,0	Baixo	97,7	2,3	Areia	0,27	0,69	0,18	1,01	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			1,98-2,00	1,99	1,41	2,31	Hiperácido	0,89	Muito baixo	2,65	Baixo	0,0	Baixo	97,6	2,4	Areia	0,38	0,75	0,18	0,96	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
Ia		#1 - 1,60-2,17	2,10-2,12	2,11	1,29	2,47	Hiperácido	0,26	Muito baixo	0,68	Muito baixo	0,0	Baixo	98,5	1,5	Areia	0,39	0,78	0,19	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			2,17-2,30	2,24	1,16	2,64	Hiperácido	0,50	Muito baixo	0,39	Muito baixo	0,0	Baixo	98,8	1,2	Areia	0,42	0,75	0,18	0,95	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			2,30-2,60	2,45	0,95	2,73	Hiperácido	1,02	Baixo	1,41	Baixo	0,0	Baixo	98,6	1,4	Areia	-0,18	0,73	0,17	0,99	Areia muito grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			2,60-2,89	2,75	0,65	2,94	Hiperácido	0,27	Muito baixo	0,26	Muito baixo	0,0	Baixo	99,2	0,8	Areia	0,25	0,69	0,17	0,99	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			2,89-3,05	2,97	0,43	2,79	Hiperácido	0,42	Muito baixo	0,51	Muito baixo	0,0	Baixo	99,0	1,0	Areia	0,31	0,68	0,16	0,97	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			3,05-3,20	3,13	0,27	2,83	Hiperácido	0,20	Muito baixo	1,16	Baixo	0,0	Baixo	98,5	1,5	Areia	0,21	0,70	0,17	1,00	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			3,20-3,35	3,28	0,12	2,87	Hiperácido	0,04	Muito baixo	0,28	Muito baixo	0,0	Baixo	99,1	0,9	Areia	0,20	0,71	0,23	1,01	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			3,35-3,50	3,43	- 0,03	2,61	Hiperácido	0,17	Muito baixo	1,60	Baixo	0,0	Baixo	97,8	2,2	Areia	0,31	0,84	0,16	0,92	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria positiva	Mesocúrtica
			3,60-3,80	3,70	- 0,31	2,90	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	98,5	1,5	Areia	0,42	1,35	-0,35	1,29	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria muito negativa	Leptocúrtica
			3,80-4,08	3,94	- 0,55	3,69	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	90,9	9,1	Areia pouco Vasosa	0,76	0,78	-0,24	1,10	Areia grosseira	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			4,08-4,18	4,13	- 0,74	3,70	Hiperácido	0,00	Muito baixo	0,00	Muito baixo	0,0	Baixo	99,3	0,7	Areia	1,11	0,51	-0,12	1,13	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,17																			
Ib	LS16		2,46-2,56	2,51	0,66	3,28	Hiperácido	3,11	Moderado	6,26	Elevado	0,0	Baixo	93,8	6,2	Areia pouco Vasosa	1,07	0,74	-0,03	1,10	Areia média	Moderadamente bem calibrado	Simétrica	Mesocúrtica
cota da boca do furo (m) (NMM)					3,52																			
II'	LS18	#1 -0,00-0,50	0,10-0,14	0,12	3,40	2,96	Hiperácido			91,17	Muito elevado	0,0	Baixo	100,0	0,0	Areia								
			0,26-0,30	0,28	3,24	2,44	Hiperácido	14,86	Muito elevado	27,69	Muito elevado	0,0	Baixo	2,6	97,4	Vasa								
			0,46-0,50	0,48	3,04	2,17	Hiperácido	15,45	Muito elevado	27,66	Muito elevado	0,0	Baixo	10,1	89,9	Vasa pouco Arenosa								
			0,60-0,64	0,62	2,90	2,77	Hiperácido	10,41	Muito elevado	15,48	Muito elevado	0,0	Baixo	0,9	99,1	Vasa								
III		#2 - 0,50-1,00	0,74-0,78	0,76	2,76	3,20	Hiperácido	5,86	Elevado	12,03	Muito elevado	0,0	Baixo	0,7	99,3	Vasa								
			0,90-0,94	0,92	2,60	2,94	Hiperácido	12,27	Muito elevado	11,77	Muito elevado	0,0	Baixo	2,5	97,5	Vasa								
			1,08-1,12	1,10	2,42	2,59	Hiperácido			47,99	Muito elevado	0,0	Baixo	29,7	70,3	Vasa Arenosa								
			1,24-1,28	1,26	2,26	4,39	Hiperácido			50,14	Muito elevado	0,0	Baixo	19,0	81,0	Vasa pouco Arenosa								
II		#3 - 1,00-1,50	1,42-1,46	1,44	2,08	4,94	Ácido			54,15	Muito elevado	0,0	Baixo	47,8	52,2	Vasa Arenosa								
			1,58-1,62	1,60	1,92	4,55	Ácido			72,13	Muito elevado	0,0	Baixo	87,8	12,2	Areia pouco Vasosa								
			1,80-1,84	1,82	1,70	4,38	Hiperácido			88,50	Muito elevado	0,0	Baixo	93,8	6,2	Areia pouco Vasosa								
			1,96-2,00	1,98	1,54	4,43	Hiperácido			79,36	Muito elevado	0,0	Baixo	59,1	40,9	Areia Vasosa								
Ib		#5 - 2,00-2,19	2,04-2,08	2,06	1,46	4,47	Hiperácido			39,90	Muito elevado	0,0	Baixo	86,5	13,5	Areia pouco Vasosa	1,28	1,08	-0,08	1,25	Areia média	Moderadamente calibrado	Simétrica	Leptocúrtica
			2,12-2,16	2,14	1,38	4,87	Ácido			7,96	Elevado	0,0	Baixo	92,9	7,1	Areia pouco Vasosa	1,02	0,98	-0,11	1,02	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			2,25-2,48	2,37	1,15	4,53	Ácido	1,60	Baixo	1,82	Baixo	0,0	Baixo	94,6	5,4	Areia pouco Vasosa	0,92	0,94	-0,11	0,89	Areia grosseira	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Platicúrtica
			2,50-2,80	2,65	0,87	3,13	Hiperácido	0,44	Muito baixo	0,86	Muito baixo	0,0	Baixo	93,0	7,0	Areia pouco Vasosa	1,19	0,81	-0,22	1,15	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
Ia			3,20-3,50	3,35	0,17	3,14	Hiperácido	0,13	Muito baixo	0,47	Muito baixo	0,0	Baixo	97,3	2,7	Areia	1,02	0,81	-0,10	1,03	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Mesocúrtica
			3,70-4,00	3,85	- 0,34	3,61	Hiperácido	0,05	Muito baixo	0,05	Muito baixo	0,0	Baixo	98,8	1,2	Areia	1,19	0,81	-0,22	1,15	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
			4,00-4,30	4,15	- 0,64	3,80	Hiperácido	0,06	Muito baixo	0,32	Muito baixo	0,0	Baixo	96,0	4,0	Areia	1,31	0,82	-0,14	1,16	Areia média	Moderadamente calibrado	Assimetria negativa	Leptocúrtica







Anexo III - Resultados de Geoquímica





### A.III.1 GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS

#### A.III.1.1 INTRODUÇÃO

Durante os processos de meteorização “libertam-se” das rochas-mãe materiais, que são continuamente actuados pelos agentes de meteorização (ex: água, ar, vento, biosfera) e dependendo da resistência própria de cada mineral, estes podem permanecer inalterados ou dar origem a produtos secundários (minerais secundários ou iões/complexos em solução) que serão transportados desde a área fonte até ao local da sua deposição. A componente inorgânica detrítica domina sobre a orgânica detrítica e não detrítica, sendo a principal responsável pela assinatura geoquímica dos sedimentos. Os elementos associados à componente mineralógica estão condicionados pelo tipo de mineral. Por exemplo, o Si, o Al e o K são elementos que existem em concentrações elevadas em minerais como quartzo, feldspato e micas mas muitos metais pesados (ex: Cr, Ni, Cu, Zn e Pb) ocorrem como elementos acessórios em minerais como moscovite, biotite, piroxenas, anfíbolos e minerais de argila (**Tabela A.III.1-1**). Geralmente, minerais como o quartzo e o feldspato, empobrecidos em elementos vestigiais (traço) distribuem-se por todas as fracções granulométricas mas estão principalmente presentes na fracção arenosa do sedimento (63µm a 2mm) e na siltosa grosseira (37µm a 63µm), enquanto os minerais enriquecidos naqueles elementos se concentram na fracção argilosa (<2µm) (**Tabela A.III.1-1**) (LORING, 1988a).

**Tabela A.III.1-1 - Exemplos da abundância e localização nas fracções granulométricas de diferentes elementos em alguns minerais primários e secundários (segundo LORING, 1988a).**

Mineral	Abundância				dimensão predominante
	x,0%	0,x%	0,0x%	0,00x% ou inferior	
Quartzo	Si	-	-	-	areia/silte
Plagioclase	Na, Ca, Al, Si	-	-	V, Zn, Ni, Pb, Cu	areia/silte/argila*
Feldspato potássico	K, Si, Al	-	-	V, Zn, Ni, Pb, Cu	areia/silte/argila*
Muscovite	K, Si, Al	Li	Cr, Mn, V, Cs	Zn, Cu, Sc	silte/argila
Biotite	Si, Al, Fe, Mg	Mn	Zn, V, Cr, Li, Ni, Sc	Cu, Pb, Co	silte/argila
Piroxena	Si, Al, Ca, Fe, Mg	K, Mn	Cr, V, Ni	Cu, Co, Zn, Li, Sc	areia/silte/argila*
Anfibola	Si, Al, Ca, Fe	K, Mn	Zn, Cr, V	Cu, Co, Pb, Sc	areia/silte/argila*
Ilite	K, Si, Al	Na, Fe, Mg	Zn, Cu, Pb, Cr, Li, V	Co, Ni	argila
Clorite	Si, Al, Fe, Mg	Mn	Zn, V, Cr, Li, Ni	Cu, Pb, Co	silte/argila
Óxido de Ferro	Fe	Mn	Zn, Cu, Pb	Cr, V	areia/silte/argila
inclusões de sulfuretos** nos aluminosilicatos	Fe, Zn, Cu, Pb	Co, Ni	-	-	argila
Cromite	Cr	-	V	-	silte/argila
Magnetite	Fe, Cr	Mn, V	Zn, Cu, Ni	Co, Pb	areia/silte

\* presença abundante na fracção argilosa de sedimentos com proveniência da erosão glacial de rochas graníticas; \*\* partículas de pequenas dimensões de sulfuretos de Zn, Cu, Pb ou inclusões podem ser responsáveis pelas concentrações em alguns sedimentos.

A assinatura geoquímica dos sedimentos lagunares vai depender principalmente do quimismo das litologias do substrato da bacia hidrográfica mas também das trocas efectuadas com o meio oceânico. Por outro lado, a influência antrópica pode ser fonte adicional de elementos

durante o transporte e, mesmo já dentro do espaço lagunar (ex: precipitação atmosférica) amplificando/modificando os fluxos naturais; o aumento da intensidade de meteorização como consequência, por exemplo, de precipitação ácida, uso do solo e desflorestação constitui mais uma interferência humana nos sistemas naturais (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Por outro lado, deve ter-se em conta que factores sazonais, como a temperatura e a precipitação condicionam os processos destes ambientes sedimentares, nomeadamente no que diz respeito aos fenómenos de evaporação e de escoamento/aporte sólido, respectivamente, induzindo modificações no quimismo dos sedimentos. A título informativo a **Tabela A.III.1-2** apresenta as concentrações médias de cinco materiais sedimentares (sedimento, argilito, argila marinha profunda, sedimento aquático de baixa profundidade e sedimento fluvial) comparadas com os teores da crosta, com duas rochas sedimentares (arenito e calcário) e com solos, utilizando os teores de 34 elementos (maiores, menores e traço). Aqui é possível observar que os diferentes materiais podem apresentar concentrações muito diferenciadas em termos de elementos maiores, menores e vestigiais, que são um reflexo primordial dos materiais parentais.

Outra preocupação nos estudos geoquímicos relaciona-se com a escala temporal e o objectivo do estudo, devendo a escolha da metodologia efectuar-se de acordo com esses aspectos:

- Estudo a micro e mesoescala temporal/avaliação do grau de poluição - grande parte dos estudos visa a caracterização geoquímica e ambiental dos sedimentos e a avaliação do grau de contaminação/poluição de determinado ambiente (nos tempos mais recentes). Neste caso, deve optar-se pelo estudo geoquímico das fracções mais finas (<2mm, <63µm ou <2µm), concentradoras dos elementos (ex: metais pesados) causadores de problemas ambientais.
- Estudo a macroescala temporal/definição de unidades litoestratigráficas, avaliação de “concentrações de fundo” - este tipo de estudos baseia-se na caracterização geoquímica de sequências sedimentares holocénicas (ou mesmo pré-holocénicas) obtidas através de sondagens “longas”. Neste caso, o objectivo principal é a definição de eventos sedimentares contrastantes (continentais/marinhos) ocorridos nestes ambientes de transição, após a última glaciação (WÜRM). Pretende-se a caracterização geoquímica dos sedimentos (fracção total), principalmente, de forma a distinguir/descrever as grandes unidades sedimentares, em termos de elementos maiores, menores e vestigiais e não só os elementos julgados pertinentes em estudos geoquímicos ambientais de avaliação do grau de poluição. Pelo exposto, deve preferir-se a caracterização do sedimento total em detrimento de uma fracção granulométrica específica, que permitirá obter uma panorâmica mais completa do paleoambiente sem restrições hidrodinâmicas.

**Tabela A.III.1-2 - Composição média elementar de diferentes tipos de sedimentos e rochas (retirado de SALOMONS & FÖRSTNER, 1984).**

	Crusta (Mean Crust <sup>a</sup> )	Sedimentos (Mean sediment <sup>b</sup> )	Argilito (Average shale <sup>c</sup> )	Argila marinha profunda (Deep-sea clay <sup>c</sup> )	Sedimento aquático de baixa profundidade (Shallow water sediment <sup>d</sup> )	Sedimento fluvial em suspensão (River suspended sediment <sup>e</sup> )	Arenito (Sandstone <sup>f</sup> )	Calcário (Limestone <sup>f</sup> )	Solo (Soil <sup>h</sup> )	
Si	27,7	24,53	27,3	25	25	28,5	32,7	3,2	33	%
Al	8,2	7,2	8	8,4	8,4	9,4	4,3	0,7	6,7	%
Fe	4,1	4,1	4,7	6,5	6,5	4,8	2,9	1,7	3,2	%
Ca	4,1	600,6	2,2	2,9	2,9	2,2	3,1	34	2	%
Mg	2,3	1,4	1,5	2,1	2,1	1,2	1,2	0,6	0,8	%
Na	2,3	0,6	1	4	4	0,7	1	0,1	1,1	%
K	2,1	2	2,7	2,5	2,5	2	1,5	0,3	1,8	%
Ti	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,03	0,5	%
P	1000	670	700	1500	550	1,15	440	700	800	mg/kg
Mn	950	770	850	6700	850	1,05	460	620	760	mg/kg
Ba	500	460	580	2300	-	600	320	90	568	mg/kg
Sr	370	320	140	110	160	150	320	610	278	mg/kg
Zr	190	150	160	150	240	-	220	20	345	mg/kg
V	160	105	130	120	145	170	20	45	108	mg/kg
Cr	100(?)	72	90	90	60	100	35	11	84	mg/kg
Ni	80(?)	52	68	250	35	90	9	7	34	mg/kg
Zn	75	95	95	165	92	350	30	20	60	mg/kg
Cu	50	33	45	250	56	100	30	5,1	26	mg/kg
Co	20	14	19	74	13	20	0,3	0,1	12	mg/kg
Li	20	56	66	57	77	25	38	7,5	31	mg/kg
Sc	16	10	13	19	12	18	1	1	10	mg/kg
Pb	14	19	20	80	22	150	10	5,7	29	mg/kg
Cs	3	4,2	5	6	-	6	0,5	0,5	3	mg/kg
Be	2,6	2	3	2,6	3	-	<1,0	1	1,5	mg/kg
U	2,4	3,1	3,7	1,3	-	3	0,5	2,2	2,2	mg/kg
Sn	2,2	4,6	6	1,5	2	-	0,5	0,5	5,8	mg/kg
Mo	1,5	2	2,6	27	1	3	0,2	0,2	1,9	mg/kg
As	1,5	7,7	13	13 <sup>a</sup>	5	5	1	1	11,3	mg/kg
W	1	1,7	1,8	1,1 <sup>a</sup>	-	-	1,6	0,6	1,1	mg/kg
Sb	0,2	1,2	1,5	1	-	2,5	0,05	0,3	0,7	mg/kg
Cd	0,11	0,17	0,22 <sup>g</sup>	0,42	-	1	0,05	0,03	0,6	mg/kg
Ag	0,07	0,06	0,07	0,11	-	-	0,25	0,12	0,4	mg/kg
Hg	0,05	0,19	0,18 <sup>g</sup>	0,08	-	-	0,29	0,16	0,1	mg/kg
Se	0,05	0,42	0,06	0,17	-	-	<0,01	<0,03	0,4	mg/kg

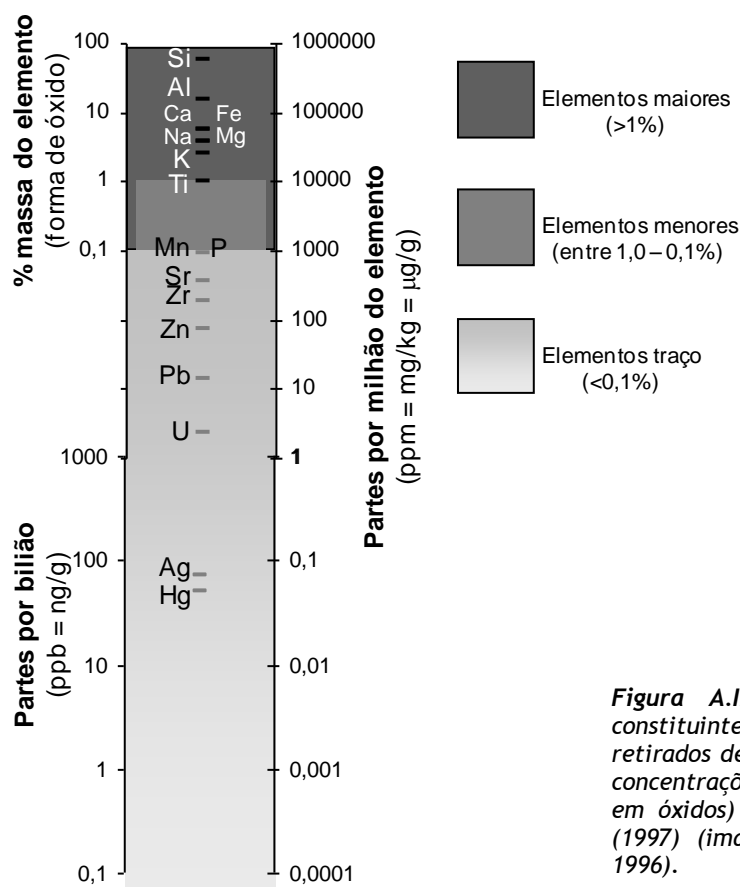
<sup>a</sup>BOWEN (1979); <sup>b</sup>BOWEN (1979) após WEDEPOHL (1968); <sup>c</sup>TUREKIAN & WEDEPOHL (1961); <sup>d</sup>WEDEPOHL (1969, 1978); <sup>e</sup>MARTIN & MEYBECK (1979); <sup>f</sup>BOWEN (1979) após WEDEPOHL (1968, 1969, 1974); <sup>g</sup>MAROWSKI & WEDEPOHL (1971); <sup>h</sup>URE & BERROW (1982).

#### A.III.1.2 - DEFINIÇÃO DE ELEMENTO MAIOR, MENOR, TRAÇO E METAIS PESADOS

Os termos elemento *maior*, *menor* e *vestigiais (traço)* aplicados de forma corrente na literatura científica têm significados diferentes dependendo do domínio científico em que se inserem. Segundo ADRIANO (1986) em ciências Bioquímicas ou Biomédicas é considerado um *Elemento Traço* aquele cuja presença é frequente nos tecidos das plantas e animais em concentrações inferiores a 0,01% (=100mg/kg) do organismo. Em nutrição este limite desce substancialmente e o termo *Elemento Traço* é adotado para os elementos que, embora comuns, apresentem concentrações que não excedam 20mg/kg. Já no domínio das Ciências da Terra, no âmbito do qual este trabalho se insere, o limite é superior e é considerado *Elemento Traço* aquele

que aparece em concentrações vestigiais (“*trace*”) nos materiais “naturais”, i.e. na litosfera, que não ultrapassem 0,1% (=1000mg/kg) (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; HENDERSON, 1984; ADRIANO, 1986; ROLLINSON, 1993; GILL, 1996; GILL, 1997).

Em termos de abundância dos elementos nos materiais geológicos, todos os autores anteriores são concordantes ao indicarem como Elementos Maiores os principais elementos constituintes das rochas, dos sedimentos e dos minerais (e.g. Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti - **Figura A.III.1-1**). HENDERSON (1984), ADRIANO (1986) e ROLLINSON (1993) fazem apenas distinção entre *Elemento Maior* e *Traço* (com limite na concentração igual a 0,1%), enquanto GILL (1996) indica que o termo *Elemento Menor* é, por vezes, utilizado para os elementos maiores menos abundantes, como o Mn e o P, com concentrações (em óxido) inferiores a 1%. No entanto, o mesmo autor mais tarde (1997) afirma que: “... é útil distinguir entre *elementos maiores* (aqueles que estão presentes em concentrações superiores a 1%, constituindo os principais minerais das rochas), *elementos menores* (concentrações entre 0,1 e 1,0%) e *elementos traço* (concentrações inferiores a 0,1%).”, desanexando os Elementos Menores dos Maiores.



**Figura A.III.1-1** - Classificação dos elementos constituintes da crosta (valores médios para a crosta retirados de SALOMONS & FÖRSTNER (1984), com as concentrações dos elementos maiores transformadas em óxidos) de acordo com a classificação de GILL (1997) (imagem adaptada e modificada de GILL, 1996).

É importante referir que os termos *maior*, *menor* e *traço* não se aplicam a determinados elementos em concreto, dependendo antes da concentração em que estes se encontram. Por exemplo, certos elementos podem ser *maiores* num determinado contexto (o K num granito ou o S num minério rico em sulfuretos) e *traço* noutros (K num peridotito ou o S num basalto) (GILL, 1996, GILL, 1997).

A definição da nomenclatura a adoptar é de extrema importância pois na literatura científica outros termos são utilizados como sinónimos de, por exemplo, *elemento traço* (ADRIANO, 1986): *metais traço*, *metais pesados*, *micronutrientes*, *microelementos*, *elementos menores e inorgânicos traço*. Salienta-se que, por vezes porém, são utilizados sem definição assumida pelo que se pode tornar confuso a referência de certos elementos. Para obviar estas incertezas, este trabalho seguirá a classificação de GILL (1997) (**Figura A.III.1-1**). No entanto, a expressão *metais pesados* será igualmente utilizada mas sem carácter sinónimo de *elemento traço*, pelo que se torna necessário a sua definição.

Na Tabela Periódica os elementos estão convenientemente “arrumados” em linhas horizontais (períodos ou séries) e em colunas (grupos ou famílias) em função das características químicas e físicas dos elementos. O termo “metal” designa um elemento que seja bom condutor de electricidade e cuja resistência eléctrica seja directamente proporcional à temperatura absoluta. Os metais partilham, ainda, as seguintes propriedades físicas: alta densidade, maleabilidade e ductilidade (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981). Simplificando, podemos dividir os elementos da Tabela Periódica em *Metais* e *Não Metais*, separados por um conjunto de elementos (B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po, At) que apresentam características de Semi-metais (Metalóides) (**Figura A.III.1-2**).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra																

Metals das Terras Raras (Lantanídeos)	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Metals do Urânio (Actinídeos)	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Metals Alcalinos	} METAIS
Metals Alcalino-terrosos	
Metals de Transição	
Metalóides (semi-metais)	} METALÓIDES
Não Metals	
Não metals (Gases Nobres)	} NÃO METAIS

**Figura A.III.1-2** - Tabela Periódica dos elementos assinalando a região dos metais (metais alcalinos, metais alcalino-terrosos, metais de transição), dos metalóides e dos não metais. A negrito estão os elementos considerados como metais pesados pela definição de FÖRSTNER & WITTMANN (1981).

Os metais apresentam, geralmente, densidades maiores que os outros elementos sendo possível destacar, de entre os metais, os de maior densidade - *metais pesados*. No entanto, a definição da expressão “metais pesados” (“heavy metals”) não reúne consenso entre os vários autores (**Tabela A.III.1-3**), com implicações óbvias no conjunto de elementos a considerar como

pertencente a este grupo. DUFUS (2002) faz uma óptima explanação sobre o termo “heavy metals”, referindo uma lista extensa de autores com 40 definições com base em diferentes critérios: densidade, peso atómico, número atómico, outras propriedades químicas, toxicologia critérios não químicos (anteriores a 1936). No presente trabalho segue-se a classificação de FÖRSTNER & WITTMAN (1981) (**Tabela A.III.1-3**), por se julgar que reúne os critérios mais correctos da definição, ficando abrangidos pela definição os elementos a negrito da Tabela Periódica na **Figura A.III.1-2**. Segundo esta definição os metais do grupo das Terras Raras (Lantanídeos) e os do grupo do Urânio (Actinídeos) ficam incluídos no grupo dos metais pesados pois são metais de transição todos com densidades superiores a  $5\text{g/cm}^3$ . No entanto, as características destes grupos são de tal forma específicas, bem como a informação deles obtida, que estes elementos serão referidos como Elementos das Terras Raras (Lantanídeos).

Concluindo, um *metal pesado*, desde que com concentrações inferiores a 0,1% é também um *elemento traço* mas um *elemento traço* pode não ser um *metal pesado*, se não reunir as características destes últimos.

**Tabela A.III.1-3 - Diversas definições de “Metal Pesado” segundo vários autores.**

Definição	Pela definição consideram-se metais pesados:	Autor (ano)
Metais com nº atómico > 20 (Ca), excepto os metais alcalinos e alcalino-terrosos.	Todos os metais excepto os alcalinos e alcalino-terrosos. Nesta definição ficam incluídos metais com densidades $<5\text{g/cm}^3$ como o Sc (3,0) e o Y (4,5).	<a href="http://edafologia.ugr.es">http://edafologia.ugr.es</a>
Metais com nº atómico superior a 23 (Vanádio).	Todos os metais com nº atómico > V.	VARENNES (2003)
Elementos com massa atómica superior a 55 g/mol (Fe = 55,847).	Todos os elementos com nº atómico > Mn.	
<b>Metais com densidade <math>&gt;5\text{g/cm}^3</math>.</b>	<b>Todos os metais com nº atómico &gt; Ti, excepto os alcalinos, os alcalino-terrosos e o Y.</b>	<b>FÖRSTNER &amp; WITTMAN (1981)</b>
<u>Elementos</u> com densidade $>5\text{g/cm}^3$ .	Todos os elementos metálicos, excepto os alcalinos, os alcalino-terrosos, o Al, o Sc e o Y. Inclui alguns metalóides (Ge, As, Sb, Te, Bi, Po) e gases nobres (Xe e Rn).	ADRIANO (1986)
<u>Elementos</u> com densidade $>6\text{g/cm}^3$ .	Todos os elementos metálicos excepto os alcalinos, os alcalino-terrosos, o Al, o Sc, o Ti e o Y. Inclui alguns metalóides (Sb, Te, Bi, Po).	ALLOWAY (1997)

### A.III.1.3 NORMALIZAÇÕES

Os sedimentos podem ser considerados como uma mistura de material orgânico e inorgânico abrangendo um largo espectro dimensional que chegam aos ambientes de deposição sob a forma de partículas sólidas (detritos) ou não sólidas (solução, colóides, etc.) (LORING, 1988). A maior parte deste material é proveniente de fontes naturais mas, por vezes, as actividades antrópicas podem



ser responsáveis pela introdução de quantidades excessivas de substâncias como metais pesados (e.g. Cr, Ni, Cu, Zn, Pb) e nutrientes (e.g. N, P, K), que em concentrações elevadas perturbam a dinâmica natural dos sistemas conduzindo a situações de risco ambiental: com os primeiros podem surgir problemas de toxicidade, e com os segundos problemas de eutrofização.

De um modo geral, nos sedimentos, a abundância do material detrítico inorgânico é superior à do biogénico orgânico ou inorgânico (LORING, 1988), definindo a assinatura geoquímica dos sedimentos, variando as espécies minerais presentes em função das formações geológicas das bacias hidrográficas alimentadoras dos ambientes lagunares. O substrato geológico é considerado uma das fontes de metais pesados, apresentando grandes variedades composicionais (*Tabela A.III.1-4*).

É importante salientar que os sedimentos provenientes das diferentes fontes não se distribuem homogeneamente nos espaços lagunares; pelo contrário, a distribuição das partículas sedimentares é reflexo das condições hidrodinâmicas naturais do sistema ou das induzidas pelas actividades antrópicas. Os sedimentos mais grosseiros enriquecidos em componente litogénica tendem a depositar-se nas margens, nas proximidades dos deltas fluviais ou na região de influência do(s) canal(ais) de maré, enquanto os sedimentos mais finos e enriquecidos em matéria orgânica se acumulam nas zonas mais calmas, coincidindo, maioritariamente, com as regiões mais profundas ou mais abrigadas. Deste modo, pode dizer-se que a distribuição granulométrica dos sedimentos é função dos processos físicos dos agentes de transporte e da morfologia do ambiente de deposição. A disposição textural dos sedimentos condiciona a distribuição dos elementos químicos, em particular, dos metais pesados, que não se distribuem uniformemente pelas várias fracções granulométricas (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; SALOMONS & FÖRSTNER, 1984).

*Tabela A.III.1-4 - Concentrações (mg/kg) de alguns metais pesados em diferentes litologias (CANON, 1978 in ADRIANO, 1986).*

Elemento	Ígneas ultramáficas	Ígneas basálticas	Ígneas graníticas	Xistos e argilas	Xistos negros	Argilas marinhas profundas	Calcários	Arenitos
Cd	0-0,2	0,006-0,6	0,003-0,18	0-11	<0,3-8,4	0,1-1	-	-
Cr	1000-3400	40-600	2-90	30-590	26-1000	-	-	-
Cu	2-100	30-160	4-30	18-120	20-200	-	-	-
Fe	94000	86500	14000-30000	47200	20000	65000	3800	9800
Pb	-	2-18	6-30	16-50	7-150	-	-	<1-31
Ni	270-3600	45-410	2-20	20-250	10-500	-	-	-
Zn	-	48-240	5-140	18-180	34-1500	-	-	2-41

Os metais pesados apresentam grande afinidade com a fracção fina do sedimento (<63µm), enriquecida em argilas, óxidos, sulfuretos e matéria orgânica, componentes com elevada capacidade de absorção, sendo responsáveis pela fixação destes elementos. Pelo contrário, na fracção grosseira (>63µm) a sua concentração tende a diminuir, por ser, geralmente, dominada por quartzo e feldspatos, ocorrendo um efeito de “diluição” das concentrações dos metais pesados, o mesmo acontecendo em sedimentos ricos em componente biogénica carbonatada (“diluição” pelo

carbonato). No entanto, é de salientar que, se esta fracção for enriquecida em minerais pesados, como magnetite, ilmenite, rútilo, sulfuretos, estes podem induzir o aumento da concentração dos metais. Pelo exposto, é evidente que a textura (granulometria ou “tamanho do grão”) e a composição dos sedimentos têm influência determinante nos teores dos metais, especialmente dos metais pesados.

De acordo com ICES (2000, 2001a, 2001b), nos estudos geoquímicos de sedimentos, a análise da amostra total (i.e. que corresponde à fracção <2mm) possibilita a elaboração de mapas geoquímicos que permitem caracterizar a distribuição espacial geoquímica elementar de uma região. No entanto, as variações podem reflectir principalmente a distribuição textural dos sedimentos, encobrindo possíveis zonas contaminadas que ficam, assim, dissimuladas pelas heterogeneidades texturais.

Quando os estudos têm como objectivo principal a avaliação ambiental e a quantificação do grau de poluição, bem como a avaliação do *background natural*, deve ser considerada a textura dos sedimentos (FÖRSTENER & WITTMANN, 1981). Comparações directas dos teores de metais em sedimentos de texturas diferentes não devem ser efectuadas sem prévia normalização para o “efeito tamanho de grão”(LORING, 1988a).

A *Normalização* é definida como “o procedimento para corrigir as concentrações dos contaminantes da influência da variabilidade natural da composição sedimentar” (ICES, 2000, 2001a, 2001b), sendo as duas técnicas mais comuns para se proceder à normalização as seguintes:

- A) Pode efectuar-se a normalização relacionando a concentração dos metais nos sedimentos com o teor dos componentes que apresentem grande afinidade ou elevada capacidade de retenção dos mesmos. Os parâmetros (**Co-Factores**) que exibam essas características são referidos como “**Normalizadores**”, sendo usados, geralmente no caso dos metais (ao contrário dos contaminantes orgânicos) diferentes normalizadores. A normalização pode simplesmente ser efectuada pela determinação das razões metal/normalizador ou através de regressão linear, projectando as concentrações do metal *versus* normalizador; concentrações anómalas podem ser facilmente identificadas por apresentarem grandes desvios à recta. A utilização de regressões múltiplas com recurso a vários normalizadores constitui uma abordagem útil nesta problemática.
- B) A separação granulométrica pode ser considerada uma normalização física com o objectivo de reduzir a variabilidade dos teores dos metais como consequência da heterogeneidade textural dos sedimentos, sendo aplicado tanto no caso dos metais como dos contaminantes orgânicos. Pelo processo de “crivagem” obtêm-se as fracções granulométricas mais finas (<2mm, <63µm, <20µm, etc.) para posterior análise, tendo a vantagem de separar a fracção mais grosseira, normalmente empobrecida nos elementos contaminantes. Os problemas podem ocorrer quando existe uma fracção grosseira com abundante material orgânico enriquecido em contaminantes. Nestes casos os detritos orgânicos podem ser separados, por sedimentação, e adicionados posteriormente à fracção fina para análise.

FÖRSTENER & WITTMANN (1981), SALOMONS & FÖRSTNER (1984), LORING (1988a, 1988b) e LORING & RANTALA (1992) abordam e descrevem pormenorizadamente, ainda, outros diferentes métodos de normalização (**Tabela A.III.1-5**).

**Tabela A.III.1-5 - Alguns dos Métodos de Normalização dos teores dos metais pesados nos sedimentos.**

Tipo	Método	
Separação granulométrica das fracções	$<204\mu\text{m}$ (peneiração) $<175\mu\text{m}$ (peneiração) $<63\mu\text{m}$ (peneiração) $<20\mu\text{m}$ (peneiração) $<2\mu\text{m}$ (decantação)	
Razões metal/normalizador	Co-factores sedimentológicos	metal/ $\%<63\mu\text{m}$ metal/ $\%<20\mu\text{m}$ metal/ $\%<16\mu\text{m}$ metal/superfície específica
	Co-factores químicos (comparação com elementos conservativos)	metal/Al metal/Li metal/Cs, Sc, Eu, Rb, Sm
Rectas de correlação	Co-factores sedimentológicos	metal/ $\%<63\mu\text{m}$ metal/ $\%<20\mu\text{m}$ metal/ $\%<16\mu\text{m}$
	Co-factores geoquímicos	metal/Al metal/Cs, Sc, Eu, Rb, Sm
Correcção “material inerte”	Quartzo Carbonato de cálcio	

### A.III.1.3.1 NORMALIZADORES (Co-FACTORES)

A normalização efectuada utilizando a percentagem de diferentes **fracções granulométricas** (e.g.  $<2\mu\text{m}$  (argilas),  $<63\mu\text{m}$  (siltes + argilas) ou  $<2\text{mm}$ ) baseia-se no facto de se poder avaliar a maior ou menor capacidade que determinado sedimento tem para reter metais dependendo da percentagem de finos presentes (co-factor primário). Uma vez que a percentagem de finos pode ser inferida a partir da concentração dos elementos maiores que constituem a fracção argilosa, como o Al, ou de certos elementos traço, como o Li (argilas e micas, particularmente útil quando os silicatos de Al são abundantes em todas as classes granulométricas - LORING, 1988), estes elementos podem ser utilizados, igualmente, como co-factores (secundários) (ICES, 2000). Uma característica importante que valida a utilização destes elementos como co-factores é o facto de se comportarem como conservativos não sendo significativamente afectados por exemplo, nem pelos processos diagenéticos iniciais, nem pelas modificações redox extremas comuns nos sedimentos.

LORING (1988) sugere, ainda, outros elementos a considerar na normalização: Si - associado ao material detrítico mais grosseiro, funciona como “diluidor”; Sc - estruturalmente combinado com os minerais de argila; Cs - combinado com os minerais de argila e os feldspatos; Fe - presente nos

minerais de argila ricos em Fe, nos minerais pesados ricos em Fe (ex: pirite) e nos óxidos e hidróxidos de Fe. O Mn pela afinidade geoquímica que apresenta com o Fe, é também sugerido como elemento normalizador (OSPAR, 1998).

A elevada capacidade de retenção de contaminantes orgânicos ou inorgânicos pela **Matéria Orgânica** faz com que a utilização do teor deste parâmetro ou do **Carbono Orgânico** favoreça a sua escolha para normalizador (LORING, 1988; OSPAR, 1998; ICES, 2000). No entanto, é necessária prudência pois a matéria orgânica não é um componente do sedimento com comportamento conservativo (ICES, 2000), podendo variar sazonalmente ou em função da taxa de decomposição/mineralização.

Outros autores (OSPAR, 1998; ICES, 2000) acrescentam a esta lista de normalizadores os **Carbonatos** pois embora funcionem como agentes diluidores para alguns contaminantes, por vezes funcionam como concentradores para metais como o Cu e o Cd. Em certas circunstâncias, em alguns sedimentos enriquecidos em carbonato de cálcio a maior parte do Cd pode encontrar-se associado aos fragmentos de conchas. Nesses casos, é mais apropriado a utilização de um normalizador que reflecta a variação do componente com maior influência na distribuição do contaminante. Por exemplo, o teor em  $\text{CaCO}_3$  e o de Ca podem (com as devidas precauções) ser utilizados como normalizadores por reflectirem a componente bioclástica do sedimento.

#### **A.III.1.3.2 LIMITAÇÕES DA NORMALIZAÇÃO**

Os procedimentos da normalização podem não ser aplicáveis para todos os elementos e para todos os locais, principalmente para aqueles elementos que são participativos nas reacções diagenéticas. Os processos diagenéticos podem conduzir a enriquecimentos substanciais de metais nos sedimentos superficiais como consequência da reciclagem dos óxidos e hidróxidos. Do mesmo modo, a precipitação de sulfuretos em ambiente redutor característico dos níveis mais profundos induz o aumento das concentrações dos metais, que não podem ser explicados pela normalização (ICES, 2000, 2001a, 2001b).

Uma das desvantagens da utilização da normalização utilizando as razões entre as concentrações do metal pesado e de um co-factor (e.g. Al) é que não devolve valores de concentração, sendo dificultada a percepção da distribuição dos teores de cada local. Por exemplo: um sedimento com  $[\text{Pb}]=64\text{mg/kg}$  com  $[\text{Al}]=8\%$  vai corresponder a uma razão  $\text{Pb/Al}=8(\times 10^{-4})$  (tendo em conta que as concentrações têm de ser transformadas nas mesmas unidades antes do cálculo da razão).

#### **A.III.1.3.3 CORRECÇÃO DE QUARTZO e CARBONATOS**

Na fracção granulométrica  $<4\mu\text{m}$  o quartzo é um constituinte menor (THOMAS *et al.*, 1972, *in* FÖRSTENER & WITTMANN, 1981), estando presente juntamente com o feldspato na maior parte dos sedimentos. Nestes minerais os metais pesados ocorrem em concentrações muito diminutas, pelo que a sua abundância mineralógica no sedimento funcionará como factor de diluição da

concentração dos contaminantes, mascarando possíveis pontos problemáticos. O mesmo é válido com a ocorrência de grandes quantidades de componente biogénica carbonatada (bioclastos). Para contrariar este efeito “diluidor” os mesmos autores aconselham que se proceda à sua correcção do seguinte modo:

- para o “QUARTZO”

- para os CARBONATO de CÁLCIO

$$[Metal_{corrigida}] = \frac{[Metal_{obtida}] \times 100}{(100 - \% Quartzo)}$$

$$[Metal_{corrigida}] = \frac{[Metal_{obtida}] \times 100}{(100 - \% CaCO_3)}$$

A percentagem de “Quartzo” é um processo moroso que pode ser quantificada da seguinte forma: 1 - efectua-se a fusão do sedimento com pirossulfato de potássio, que permite a remoção preferencialmente das argilas, do C orgânico e inorgânico e dos sulfuretos, permanecendo no resíduo o quartzo, feldspatos e zircão; 2 - a partir de um método gravimétrico separa-se o quartzo dos restantes minerais.

O teor de  $CaCO_3$  pode ser rapidamente obtido se for transformada a concentração de Ca em  $CaCO_3$ , tendo em conta a massa molecular (exemplo: uma amostra com 1,4% de Ca terá 3,5g de  $CaCO_3$ ) pelo que pode rapidamente ser testado o “efeito diluidor” dos carbonatos nas concentrações dos metais pesados.

#### A.III.1.4 CONCENTRAÇÕES NATURAIS *VERSUS* CONTAMINAÇÃO/POLUIÇÃO (DEFINIÇÃO DE VALORES DE FUNDO - “BACKGROUND VALUES”)

##### A.III.1.4.1 Introdução

Segundo FERGUNSSON (1990) existe uma certa confusão na literatura científica com a utilização do termo concentração “natural”, sendo muitas vezes a expressão “normal” utilizada de forma errónea como sua sinónima. Este autor sugere, como preferível para expressar teores contemporâneos (actuais) a utilização do termo concentração “típica” em vez de “normal”, existindo menor risco de se confundir com “natural”.

O enriquecimento, seja natural ou antrópico, de determindando componente (ex: metais pesados) de um ambiente aquático pode conduzir a: a) problemas de “contaminação” quando se regista concentração superior ao natural mas que não é nociva para qualquer tipo de organismo; b) problemas de “poluição” quando se registam concentrações desse elemento igualmente superiores ao natural desse ambiente mas com consequências negativas para, pelo menos, um tipo de organismo (VARENNES, 2003). Importa salientar que, não são apenas as actividades antrópicas as responsáveis por problemas de poluição nos sistemas lagunares, pelo contrário a ocorrência de modificações/processos naturais podem induzir concentrações acima de determinados níveis de toxicidade (para alguns organismos) gerando focos de poluição natural.

Para se avaliar o grau de enriquecimento natural ou antrópico (por exemplo, do teor de metais pesados nos sedimentos) de um determinado ambiente aquático, é imperativo saber quais as concentrações naturais desses elementos (“pré-civilizacionais” = “valores de fundo” = “background”), com as quais poderão ser estabelecidas comparações relativamente aos teores actuais. REIMANN & GARRET (2005) no seu trabalho “Geochemical background - concept and reality” fazem uma interessante e completa sinopse sobre o tema, referindo as diferentes definições propostas ao longo dos anos por distintos autores para “geochemical background”, “anomaly”, “threshold”, “background”, “natural background”, “ambient background”, “pré-industrial background” e “baseline”. Mais do que a preocupação em encontrar uma definição efectiva de “background”, os autores referem como principais conclusões que é importante reconhecer que estas concentrações dependem do local e da escala geográfica do trabalho (local/regional/mundial), pois variam de área para área e com o tamanho da área do estudo. Já MATSCHULLAT *et al.* (2000) tinha referido que o “geochemical background” é caracterizado pela variabilidade regional, podendo variar em função do tempo. Este facto, embora seja amplamente reconhecido pela comunidade científica, esta ainda não disponibilizou uma definição satisfatória.

REIMANN & GARRET (2005) salientam que nos estudos efectuados a uma escala continental, onde o mapeamento engloba uma grande variedade de materiais geológicos, a heterogeneidade e os teores podem ser de tal modo elevados que se torna difícil (ou mesmo impossível) identificar adições antrópicas, sendo preferíveis os estudos a uma escala menor (local). Referem a importância da utilização de um intervalo de valores como “fundo” - [mínimo - máximo] - em detrimento de um valor médio, comentando a pouca importância até agora atribuída ao teor “mínimo de fundo”, tantas vezes negligenciado. De acordo com estes autores, embora os teores máximos (naturais ou antrópicos) sejam os que podem representar maior risco para a saúde humana (riscos ecotoxicológicos - “maximum admissible concentration”), normalmente, não se deve esquecer que a deficiência em determinados elementos pode igualmente constituir um risco. Deste modo, a determinação dos teores mínimos do “background” (“minimum admissible concentration”) deve constituir objecto de preocupação nos estudos geoquímicos.

A determinação dos teores naturais de um determinado ambiente, é extremamente importante e das várias possibilidades apresentadas na literatura (FÖRSTENER, 1980; LORING, 1988; FÖRSTENER & WITTMANN, 1981; SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) que possibilitam a avaliação e quantificação do enriquecimento actual do sistema em estudo, salientam-se a comparação dos teores actuais com valores obtidos a partir de:

1. Testemunhos de sondagens “curtos”, datados, que possibilitem a reconstituição histórica dos eventos relacionando-os com modificações ocorridas nas bacias hidrográficas. Este tipo de abordagem permite estimar os “valores de fundo locais” para determinados elementos, bem como, avaliar modificações nas taxas de entrada no sistema. Os valores naturais do sistema são obtidos nos níveis mais profundos (zona não contaminada) abaixo da zona superficial enriquecida (zona contaminada) ou sujeita aos processos biológicos de bioturbação (“mixing layer”).

2. Sedimentos fósseis aquáticos de ambientes considerados análogos. A possibilidade de comparação dos teores actuais dos sistemas lagunares/estuarinos e fluviais com depósitos “lagunares/estuarinos fósseis” e “fluviais fósseis” representativos das condições pristinas dos ambientes modernos constitui uma das melhores formas de estimar o enriquecimento promovido/potenciado pela actividade antrópica. Nos depósitos lagunares deve considerar-se o papel importante dos processos autóctones, principalmente os químicos e os biológicos, contribuindo os primeiros com materiais neoformados (e.g. argilas e precipitados) e os segundos com o enriquecimento da componente biológica orgânica e inorgânica dos sedimentos, promovendo, ainda, a mistura dos níveis superficiais como consequência da bioturbação. Pelo contrário, nos depósitos fluviais a influência alóctone tem papel preponderante, pois a composição destes materiais é principalmente controlada pelas características litogénicas das áreas fonte.
3. Depósitos em regiões relativamente não poluídas, isto é, em condições pristinas. Esta é uma das hipóteses a considerar quando não é possível a aproximação 1. e 2., possibilitando a comparação com os teores actuais. Importa realçar, que devem ser escolhidos ambientes pristinos que contenham sedimentos equivalentes texturais e mineralógicos dos existentes no sistema em estudo.
4. Médias de um conjunto de amostras consideradas equivalentes texturais dos sedimentos em análise, obtendo-se “Concentrações de Referência Naturais” (CRN  $\Leftrightarrow$  “Background Reference Concentration” = BRC) para cada elemento. Existem publicados na literatura valores de materiais muito diversificados, tendo-se seleccionado, neste trabalho, materiais como o “Average Shale” que funciona como equivalente textural para os sedimentos essencialmente vasosos e o “Sandstone” como equivalente para os sedimentos essencialmente arenosos (**Tabela A.III.1-2**). Estas comparações devem ser estabelecidas com cautela, alertando SALOMONS & FÖRSTNER (1984) que o “Average Shale” é enriquecido em elementos característicos de rochas básicas, como o Cr, Ni, Cu e Co, sugerindo a comparação com os teores destes metais pesados obtidos em sedimentos actuais do Rio Reno (60, 32, 31 e 13mg/kg, respectivamente). É, por isso, sempre preferível a comparação directa com teores obtidos em sedimentos dos sistemas em estudo (aproximação 1. e 2.).
- Outros métodos, nomeadamente métodos estatísticos são propostos por MATSCHULLAT *et al.* (2000) e SIEGEL (2002).

#### **A.III.1.4.2 Factores de enriquecimento**

O enriquecimento relativo de qualquer metal pode ser estimado comparando os teores dos sedimentos com os teores considerados naturais (valores de referência) desse ambiente, através da seguinte expressão (LORING, 1988b; LORING & RANTALA, 1992):



$$FE = \frac{[Metal]_{amostra} / [Al]_{amostra}}{[Metal]_{referência} / [Al]_{referência}}$$

Em que:

*FE* - Factor de Enriquecimento;

*[Metal]<sub>amostra</sub>* - concentração do metal na amostra;

*[Al]<sub>amostra</sub>* - concentração de Al na amostra;

*[Metal]<sub>referência</sub>* - concentração do metal na amostra de referência, que corresponde à concentração natural (pré-civilizacional) do sistema, podendo ser obtida de 4 formas distintas (ver II.4.3.4);

*[Al]<sub>referência</sub>* - concentração de Al na amostra de referência, que corresponde à concentração natural (pré-civilizacional) do sistema, podendo ser obtida de 4 formas distintas (ver II.4.3.4);

A utilização de valores de referência internacionais existentes na literatura como o “Average Shale”, “Sandstone” ou “Mean Crust” são de evitar, por não reflectirem as concentrações naturais (valores regionais) do sistema em estudo (LORING & RANTALA, 1992), sendo preferível que a estimativa do FE seja efectuada relativamente a valores obtidos pelos métodos 1. e 2. expostos no ponto A.III.1.4. Tendo em conta que os sedimentos de cada ambiente exibem uma assinatura geoquímica que resulta da conjugação de distintas fontes mas onde a natureza do substrato da bacia hidrográfica (componente geológica exposta à meteorização) desempenha um papel preponderante, cada ambiente sedimentar pode exibir uma gama de concentrações de metais pesados característica. Nestes casos, podem existir ambientes de deposição naturalmente enriquecidos em determinados elementos, sem que isso seja reflexo de contaminação antrópica. Pelo exposto, não é aconselhável a comparação entre FE de distintos ambientes, uma vez que as concentrações naturais de cada sistema podem não ser idênticas (ICES 2003), pois a FE iguais podem corresponder valores de concentração absolutos muito distintos.

### A.III.1.4.3 Critérios de qualidade para sedimentos

Perante as taxas de assoreamento elevadas que, actualmente, caracterizam os nossos sistemas lagunares/estuarinos e no quadro actual do tráfego marítimo/fluviar, a manutenção de canais de navegação no interior dos estuários reveste-se de importância estratégica fundamental, pelo que as autoridades administrativas promovem regularmente campanhas de dragagens de manutenção para garantir e assegurar a navegabilidade destes sistemas. Apenas com este exemplo, se percebe como é de importância extrema a definição de leis que regulem estas actividades.

A Normas de Qualidade para Sedimentos (“Sediment Quality Guidelines” - SQG) fornecem um método de aferir a qualidade dos sedimentos, permitindo classificá-los do ponto de vista da qualidade ambiental e/ou determinar se um sedimento dragado cumpre os padrões de qualidade requeridos que não impeçam a sua deposição no ambiente marinho (ICES, 2003). Embora a Noruega, a Suécia, a Holanda e o Canadá tenham definido na legislação os “padrões de qualidade ambiental” (PQA ⇔ “Environmental Quality Standards” = EQS) para sedimentos (**Tabela A.III.1-6**), a maior parte dos países não tem legislação específica que os defina, recorrendo, muitas vezes, as autoridades a valores normativos baseadas nas *Concentrações Naturais de Referência* (“Background

Reference Concentration”) da OSPAR (OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic). Portugal insere-se neste último grupo pois não tem legislação específica que defina estes valores para os sedimentos de sistemas lagunares/estuarinos.

*Tabela A.III.1-6 - Exemplo dos valores utilizados na classificação dos sedimentos de acordo com os Padrões de Qualidade Ambiental (“Environmental Quality Standards”) definidos na legislação Holandesa e Canadiana (valores apenas para elementos, retirados de ICES, 2003).*

Elemento	unidades	HOLANDESA		CANADIANA	
		NEC	MPC	ISQG	PEL
As	mg/kg	29	55	7,24	41,6
Cd	mg/kg	0,8	12	0,7	4,2
Cr	mg/kg	100	380	52,3	160
Cu	mg/kg	36	73	18,7	108
Hg (inorgânico)	mg/kg	0,3	10	*	*
Hg (orgânico)	mg/kg	0,3	1,4	*	*
Hg	mg/kg	*	*	0,13	0,7
Pb	mg/kg	85	530	30,2	112
Ni	mg/kg	35	44	*	*
Zn	mg/kg	140	520	124	271

NEC - No Effects Concentration; MPC - Maximum Permissible Concentration; ISQG - Interim Sediment Quality Guideline; PEL - Probable Effects Level.

Em contraste, muitos países já elaboraram legislação com critérios de qualidade que rege a deposição de sedimentos dragados no ambiente marinho (*dumping*). A Convenção de Oslo para a Prevenção da Poluição Marinha Causada por Operações de Imersão Efectuadas por Navios e Aeronaves foi ratificada por Portugal através do Dec. 491/72 de 6-12. Mediante a celebração desta Convenção, pretendia-se que os Estados intervenientes tomassem medidas contra a poluição dos mares por substâncias susceptíveis de colocar em perigo a saúde humana, bem como a fauna e flora marítimas [ref<sup>a</sup> net-6]. Em Portugal foi publicado o Despacho Conjunto dos Ministérios do Ambiente e Recursos Naturais e do Mar (Diário da República Série II n.º 98 de 27/04/95), tendo o respectivo anexo, com explicitação de parâmetros e definição dos limites das classes de qualidade de sedimentos sido posteriormente publicado no Diário da República Série II n.º 141 de 21/06/95. Este vem estabelecer as regras técnicas de avaliação e gestão do material dragado e de elaboração e execução de programas de monitorização dos locais de deposição de dragados. Mais recentemente, a portaria 1450/2007 de 12 de Novembro, que visa fixar as regras em falta no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, vem actualizar esta temática. Neste documento, tal como no de 1995, os materiais dragados são classificados de acordo com os teores absolutos observados na fracção <2mm do sedimento, tendo-se definido 5 Classes de Grau de “Contaminação” (é preferível em vez de “contaminação” a utilização da expressão “enriquecimento”, pois as concentrações mesmo elevadas podem ser naturais) (*Tabela A.III.1-7 e Tabela A.III.1-8*).

A problemática da possível utilização de sedimentos ou lamas na fertilização de solos agrícolas promoveu a definição de critérios de qualidade, especialmente concebidos para a regulamentação dessa actividade com as lamas provenientes das estações de tratamento de águas

residuais (ETAR). A Directiva Comunitária 86/278/CEE (Nº. L 181/6 de 4/7/86) foi transposta para a legislação portuguesa pelo Dec-Lei 446/91, 1ª Série A, 22/11/91 e esta posteriormente foi alvo de legislação complementar pela publicação da Portaria 176/96, 2ª Série, Nº. 230 de 3/10/96. Nesta são estabelecidos os Valores-Limite de concentração de metais pesados nos solos (de acordo com o pH dos mesmos) e nas lamas destinadas à agricultura **Tabela A.III.1-9**), bem como para as quantidades anuais de metais pesados que podem ser introduzidos nos solos cultivados com base numa média de 10 anos.

**Tabela A.III.1-7 - Classes de graus de “enriquecimento” e recomendações para os sedimentos dragados.**

CLASSES	DESCRIÇÃO
<b>1</b>	<b>Material dragado limpo</b> Pode ser depositado no meio aquático ou reposto em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas.
<b>2</b>	<b>Material dragado com contaminação vestigial</b> Pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo.
<b>3</b>	<b>Material dragado ligeiramente contaminado</b> Pode ser utilizado para terraplenos ou no caso de imersão necessita de estudo aprofundado ao local de deposição e monitorização posterior do mesmo.
<b>4</b>	<b>Material dragado contaminado</b> Deposição em terra, em local impermeabilizado, com a recomendação de posterior cobertura de solos impermeáveis
<b>5</b>	<b>Material muito contaminado</b> Idealmente não será dragado e em caso imperativo, deverão os dragados ser encaminhados para tratamento prévio e ou deposição em aterro de resíduos devidamente autorizado, sendo proibida a sua imersão.

**Tabela A.III.1-8 - Classificação dos sedimentos dragados de acordo com a concentração dos elementos na fracção <2mm.**

<2mm	Unidades	Classe 1 (limpa)	Classe 2 (contaminação vestigial)	Classe 3 (moderadamente contaminada)	Classe 4 (contaminada)	Classe 5 (muito contaminada)
<b>Elementos</b>						
As	mg/kg	<20	20-50	50-100	100-500	>500
Cd	mg/kg	<1	1-3	3-5	5-10	>10
Cr	mg/kg	<50	50-100	100-400	400-1000	>1000
Cu	mg/kg	<35	35-150	150-300	300-500	>500
Hg	mg/kg	<0,5	0,5-1,5	1,5-3,0	3,0-10	>10
Pb	mg/kg	<50	50-150	150-500	500-1000	>1000
Ni	mg/kg	<30	30-75	75-125	125-250	>250
Zn	mg/kg	<100	100-600	600-1500	1500-5000	>5000
<b>Compostos Orgânicos</b>						
PCB (soma)	µg/kg	<5	5 - 25	25-100	100-300	>300
PAH (soma)	µg/kg	<300	300-2000	2000-6000	6000-20 000	>20 000
HCB	µg/kg	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50

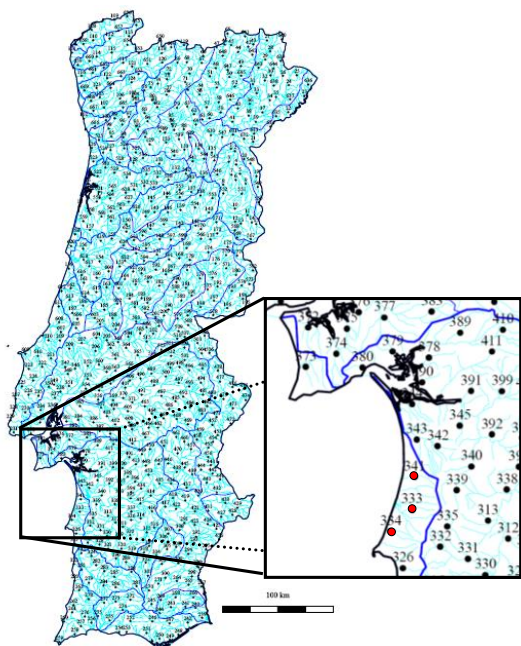
**Tabela A.III.1-9 - Valores-Limite de concentração de metais pesados nas lamas destinadas à agricultura (retirados da Portaria nº. 176/96 do D.R. - II série, nº. 230, 3-10-96).**

Parâmetros	Valores-Limite (mg/kg de matéria seca)
Cd	20
Cu	1000
Ni	300
Pb	750
Zn	2500
Hg	16
Cr	1000

### A.III.1.5 ORIGEM DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS

#### A.III.1.5.1 Introdução

Para quem estuda a geoquímica de sedimentos, é extremamente importante ter presente uma série de factores actuantes num ambiente geológico, responsáveis pelas características geoquímicas de um determinado sedimento. Deste modo, é indispensável uma boa caracterização sedimentológica, em que se avaliem parâmetros texturais e composicionais dos sedimentos (textura, teor de matéria orgânica e de carbonatos, pH, mineralogia da fracção argilosa, etc.) bem como a natureza dos elementos mineralógicos, biológicos e antrópicos presentes nos materiais estudados. A componente geológica presente nos sedimentos é a fonte primordial da maior parte dos elementos maiores, menores e traço avaliados na composição sedimentar, pelo que a caracterização das litologias da bacia hidrográfica e a natureza mineralógica dos materiais são de extrema utilidade. De seguida, discute-se a natureza de alguns elementos químicos julgados pertinentes no âmbito deste trabalho, iniciando-se por um breve sumário das suas características químicas (posição na tabela periódica, número atómico, peso atómico, isótopos estáveis e suas abundâncias, estados de oxidação). Segue-se uma descrição da geoquímica do elemento, referindo-se a sua ocorrência natural (principais minerais portadores do elemento, abundância na crosta e em diferentes tipos de rochas), aspectos da mobilidade e actividades antrópicas responsáveis pela introdução artificial do elemento nos meios naturais. Nos elementos traço considerados de maior preocupação ambiental (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), optou-se por dar ênfase à discussão da mobilidade, alongando-se a explanação desse tópico. São referidos para esses elementos os teores obtidos em sedimentos fluviais na área do presente estudo (Melides-Sines) por FERREIRA (2000). Este autor recorrendo a uma amostragem nacional de baixa densidade (1 amostra por 135km<sup>2</sup>), analisou a composição de 653 amostras e obteve teores para 31 elementos, propondo mapas geoquímicos de distribuição dos vários elementos (Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal). Na **Figura A.III.1-3** exhibe-se a localização das amostras pertinentes para comparação com os resultados obtidos na presente tese e na **Tabela A.III.1-10** apresentam-se os teores mínimos, médios e máximos obtidos por Ferreira (2000) para 15 elementos, coincidentes com os obtidos no presente trabalho.



**Figura A.III.1-3** - Localização e nº das amostras analisadas na caracterização de sedimentos fluviais de corrente no estudo da Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal (adaptado de Ferreira, 2000). A vermelho estão assinaladas as três amostras com as quais se julga pertinente a comparação com o presente estudo.

**Tabela A.III.1-10** - Teores mínimos, médios e máximos de vários elementos obtidos para sedimentos fluviais por FERREIRA (2000).

Elementos		Mínimo	Média	Máximo
Al	%	0.2	1.58	4.4
Ca	%	0.01	1.12	23.55
Cr	mg/kg	3	26	305
Cu	mg/kg	1	30	817
Fe	%	0.39	2.53	7.645
K	%	0.01	0.19	1.63
La	mg/kg	2	26	100
Mg	%	0.01	0.42	2.69
Mn	mg/kg	32	690	19878
Na	%	<0.01	0.022	0.43
Ni	mg/kg	1	22	371
Pb	mg/kg	3	28	1378
Sr	mg/kg	2	22	280
Ti	mg/kg	<0.01	0.047	0.41
Zn	mg/kg	7	92	2365

### A.III.1.5.2 Elementos maiores, menores e vestigiais (traço)

#### A) ALUMÍNIO (Al)

##### Ocorrência Natural

O Alumínio é um elemento pertencente ao grupo 13 da tabela periódica com peso atómico de 26,98154 com um único isótopo natural ( $^{27}\text{Al}$ ) com o número atómico 13. Este elemento é o metal mais abundante na crosta terrestre, apenas ultrapassado pelo oxigénio e o silício, não ocorrendo no estado elementar mas sob o seu único estado de oxidação 3+.

O Alumínio forma minerais próprios como o Corindo ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), a Andaluzite/Distena/Silimanite (Grupo do  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ), a Caulinite [ $\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{10}(\text{OH})_4$ ], o Topázio [ $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$ ] mas os minerais mais abundantes nas rochas ígneas são sem dúvida os feldspatos estimando-se que constituem, em média, mais do que 59,5% destas rochas. A ortoclase, albite e anortite puras contêm respectivamente 9,7, 10,3 e 19,4% de Al. Já os feldspatóides, embora minerais menos abundantes apresentam-se mais enriquecidos neste elemento: Nefelina ~17%; Leucite ~12,4%. As micas são outro grupo importante como portador de Al: Moscovite ~16%; Biotite ~6-12%. As Piroxenas e as Anfíbulas são silicatos empobrecidos em Al, não excedendo normalmente 8 e 6%, respectivamente. Outros minerais aluminosos podem encontrar-se enriquecidos nas fases pegmatíticas (Granada, Espomudena, Turmalina, Topázio, Berílio, Crisoberílio, Dumortierite) ou hidrotermais (Zeólito, Epidoto-Zoisite, Prehnite). Como principais produtos de alteração de minerais primários como a

moscovite surge a illite (~13,5% de Al) que pode evoluir para caulinite (~21% Al) mas se persistirem condições de má drenagem com disponibilidade de Mg e Fe pode produzir-se montemorilonite (~11% de Al). A meteorização de hornblendas e piroxenas (minerais ricos em Fe e Mg) produz clorites que podem evoluir posteriormente para vermiculites. Em condições extremas de meteorização (completa exportação de silício e alcalis) formam-se as bauxites (ou laterites), onde o Al está principalmente sob a forma de gibbsite (34% de Al), boemite ou diasporo (45% de Al) juntamente com outros hidróxidos de alumínio coloidais.

Nas rochas ígneas, as primeiras fases da cristalização fraccionada (rochas ultra-máficas e máficas ricas em componentes magnesianos) são empobrecidas em Al. Os teores sobem nos gabros ou nos basaltos que podem apresentar, em média, 8,3% de Al mas a diminuição da percentagem de anortite para as fases seguintes - dioritos, granodioritos, granitos - conduz ao empobrecimento deste elemento - 8,9, 8,2 e 6,7%, respectivamente. No entanto, se o final da série conduzir para rochas ricas em componente nefelínico ou leucítico, os teores podem subir para cerca de 11% (GOLDSCHMIDT, 1962).

As rochas metamórficas apresentam uma enorme variedade do teor deste elemento, dependendo da mineralogia da rocha mãe. Na bibliografia refere-se que os valores típicos médios oscilam entre 12 e 24% de  $Al_2O_3$ , embora existam referências a teores muito baixos de 1% e muito altos de 28% (REEDER *et al.*, 2005).

Rochas sedimentares, empobrecidas em componente argilosa, como quartzitos e arenitos apresentam teores baixos de Al, normalmente inferiores a 3,2%, diminuindo para teores inferiores a 1% em litologias carbonatadas. Pelo contrário, as enriquecidas nessa componente, como os argilitos, são as que aprenam teores mais elevados atingindo 11% de Al (GOLDSCHMIDT, 1962).

O Al apresenta baixa mobilidade na maior parte das condições ambientais, sendo os hidróxidos deste elemento muito insolúveis na água em condições de pH neutro. No entanto, dado o seu carácter anfotérico este elemento pode ser mobilizado em condições ácidas com pH inferior a 5,5 ou básicas com pH superior a 8, sendo as espécies mobilizadas a forma catiónica  $[Al(OH)_2]^+$  e a aniónica  $[Al(OH)_4]^-$ , respectivamente (COX, 1995; REEDER *et al.*, 2005).

O Al é considerado um elemento não essencial para a vida. No entanto, pode constituir problemas de toxicidade dependendo da espécie dissolvida presente. As catiónicas são consideradas mais tóxicas para a maior parte das espécies, incluindo os peixes, invertebrados e plantas, sendo a  $Al^{3+}$  a que maior risco produz para os peixes (DRISCOLL *et al.*, 1980, *in* REEDER *et al.*, 2005).

#### Ocorrência antrópica

Este elemento é utilizado em inúmeros utensílios de cozinha, em latas para bebidas e conservação de alimentos, bem como na indústria automóvel, na aeronáutica (ligas leves) e na construção. Outras aplicações: tintas, explosivos, pirotecnia, cerâmica (COX, 1995) [9], indústria metalúrgica e cimenteiras.

O Al tem uma enorme aplicabilidade em diversas actividades/componentes utilizados pelo Homem, pelo que todos os resíduos provenientes desses produtos são susceptíveis de induzirem

modificações nas concentrações naturais dos ambientes. No entanto, segundo REIMANN & CARITAT (1998, *in* REEDER *et al.*, 2005) a concentração natural é normalmente dominante.

## B) CÁLCIO (Ca)

### Ocorrência Natural

O Ca, elemento com o número atômico 20 e peso atômico de 40,08 é o terceiro elemento do Grupo 2 da Tabela Periódica juntamente com o Be, Mg, Sr, Ba e Ra. Tem um único estado de oxidação (+2) e seis isótopos naturais -  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{42}\text{Ca}$ ,  $^{43}\text{Ca}$ ,  $^{44}\text{Ca}$ ,  $^{46}\text{Ca}$  e  $^{48}\text{Ca}$  - dos quais o primeiro é o mais abundante (96.9%). Quimicamente, os elementos Sr e Ba apresentam comportamento semelhante a este elemento (REEDER *et al.*, 2005). Por outro lado, a similitude entre os raios iônicos do  $\text{Ca}^{2+}$  (1,06Å) e do  $\text{Na}^+$  (0,98Å), idêntica à registada entre o  $\text{Ba}^{2+}$  e o  $\text{K}^+$ , conduz a uma forte relação cristaloquímica entre estes dois elementos (GOLDSCHMIDT, 1962).

O Ca é um elemento dominante nos ambientes naturais, sendo o quinto mais abundante (4,1%, BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) na crosta terrestre, entre o Fe e o Mg. Na natureza nunca ocorre sem ser combinado com outros elementos formando diversos minerais próprios incluído Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ), Gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Dolomite [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ], anidrite ( $\text{CaSO}_4$ ) e Fluorite ( $\text{CaF}_2$ ). Ocorre como elemento acessório em outros minerais como feldspatos, anfíbulas, piroxenas e mesmo associado a alguns minerais de argila como a ilite, clorite e montemorrilonite-Ca.

Nas rochas ígneas, as litologias características das fases de diferenciação inicial, como os dunitos, são pobres em Ca e em casos extremos contêm menos de 0,3% de CaO (0,21% de Ca). No extremo oposto, as litologias dos magmas residuais, como os granitos e certos sienitos nefelínicos contêm teores de CaO consideravelmente inferiores a 1% (0,71% Ca). Os teores mais elevados de CaO, entre 8-14 % (5,7-10% Ca) registam-se nos gabros, anortositos e basaltos (litologias enriquecidas em feldspatos alcalinos, principalmente as plagioclases cálcicas). Os minerais cálcicos mais importantes das rochas ígneas são as plagioclases (solução sólida entre anortite -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  e albite -  $\text{NaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), piroxenas cálcicas ( $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ ), anfíbulas ( $\text{Mg}_5\text{Ca}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ ), apatites [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ], esfenas ( $\text{CaTiSiO}_5$ ), calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) e outros menos comuns como a melilite, gehlenite, sodamelilite, monticelita e perovskite (GOLDSCHMIDT, 1962).

Nas rochas sedimentares, os calcários e as dolomias são as principais litologias portadoras de Ca. Na maior parte das litologias sedimentares, os teores de Ca reflectem, geralmente, a abundância de minerais carbonatados (calcite e dolomite), apesar da presença por vezes importante de sulfatos de Ca (gesso e anidrite), particularmente em arenitos e evaporitos (REEDER *et al.*, 2005). A presença de minerais primários ricos em Ca contribui igualmente para o aumento da concentração deste elemento nas formações sedimentares. BOWEN (1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) apresenta teores médios para calcários e arenitos de 34% e 3,1 %, respectivamente.



Durante os fenómenos de meteorização os minerais carbonatados são dos mais susceptíveis, principalmente os carbonatos e os sulfatos, pelo que o  $\text{Ca}^{2+}$  se liberta facilmente das redes cristalinas, constituindo o catião metálico mais comum das águas doces, funcionando como regulador do pH das águas naturais.

O Ca é um nutriente essencial constituindo um elemento estruturante em muitos organismos, como por exemplo: folhas, células, sistema nervoso, conchas (carbonato de cálcio) de organismos marinhos, esqueletos internos e dentes de humanos (sob a forma de apatite estes componentes contêm 99% de um total de 1,5-2% do Ca encontrado no corpo humano [refª net-12]), etc. (COX, 1995; [refª net-9]). Assim, a incorporação de constituintes biológicos naturais ricos neste elemento em sedimentos adicionam Ca biogénico ao sinal detrítico geológico.

#### Ocorrência antrópica

A introdução artificial da Ca nos sistemas naturais provém da utilização deste elemento pelo Homem em variadas situações. Uma dessas situações que pode conduzir ao aumento do Ca na rede de drenagem é a introdução de cálcio nos solos para correcção da acidez (REEDER *et al.*, 2005). No entanto, a principal fonte antrópica relaciona-se com a utilização de produtos obtidos a partir dos calcários na indústria da construção como a cal (“Quicklime” -  $\text{CaO}$ ), o estuque (“slaked lime” -  $\text{Ca(OH)}_2$ ), a argamassa (“lime mortar”) e o cimento, sobrepondo-se este sinal às restantes entradas artificiais deste elemento (COX, 1995; [refª net-9]). Outras fontes de Ca, de menor impacto nos sistemas naturais, relacionam-se com a utilização de fertilizantes, poeiras, ligas metálicas (uso do Ca metálico).

### **C) CHUMBO (Pb)**

#### Ocorrência Natural

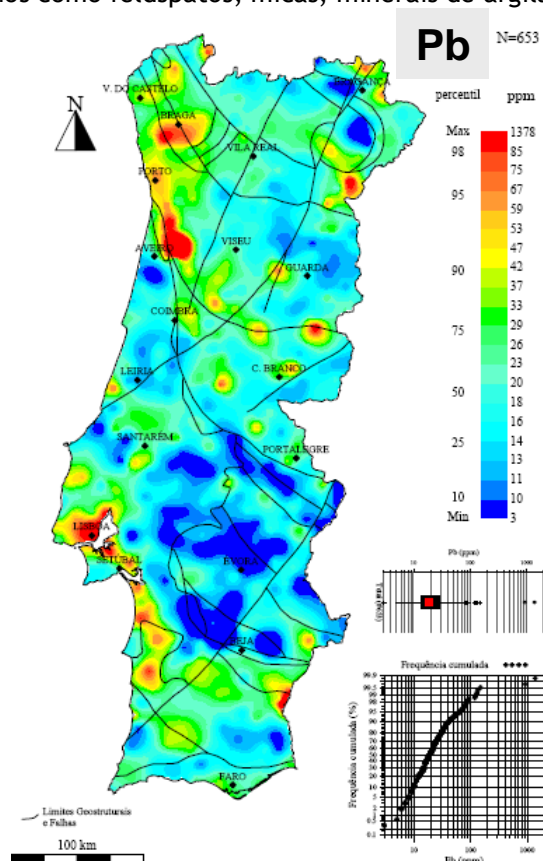
O Pb é o último elemento do grupo 14 da Tabela Periódica, com número atómico 82 e peso atómico de 207,2. A ocorrência natural distribui-se por quatro isótopos  $^{208}\text{Pb}$  (52,3%),  $^{207}\text{Pb}$  (22,6%),  $^{206}\text{Pb}$  (23,6%),  $^{204}\text{Pb}$  (1,48%), dos quais o  $^{208}\text{Pb}$  é o mais abundante. Embora tenha dois estados de oxidação mais estáveis (+2 e +4), é o ião divalente que domina a geoquímica ambiental deste elemento. O seu comportamento geoquímico resulta da dupla afinidade deste elemento como calcófilo (forte afinidade para formar sulfuretos) e litófilo (forte afinidade para formar óxidos e silicatos constituintes das rochas). Embora existam mais de 200 minerais de Pb, poucos são comuns e economicamente importantes como a galena ( $\text{PbS}$ ), a cerussite ( $\text{PbCO}_3$ ) e a anglesite ( $\text{PbSO}_4$ ) (ADRIANO, 1986). Como litófilo, este elemento ocorre num vasto número de minerais constituintes das rochas, facto que se deve à semelhança do raio iónico do  $\text{Pb}^{2+}$  (1,32Å) com outros iões, facilitando as substituições isomórficas nas redes cristalinas dos minerais que contenham  $\text{Sr}^{2+}$  (1,27Å),  $\text{Ba}^{2+}$  (1,43Å),  $\text{Ca}^{2+}$  (1,06Å) e  $\text{K}^+$  (1,33Å). O Pb divalente ocorre frequentemente em minerais de potássio das rochas silicatadas, sendo o feldspato potássico um notável acumulador de Pb, e também em apatites (GOLDSCHIMDT, 1962).

Na crosta terrestre, o Pb apresenta uma concentração média de 14mg/kg (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984), variando os teores nos gabros e doleritos entre 2-23mg/kg (média 7mg/kg) e nos granitos e riolitos entre 5-50mg/kg (média 24mg/kg) (GOLDSCHIMDT, 1962). Estes resultados ilustram uma tendência crescente nas concentrações de Pb à medida que aumenta o teor em sílica, ou seja, das litologias ultrabásicas para as ácidas.

As rochas sedimentares, embora sejam as mais abundantes na superfície da crosta terrestre, correspondem a 75% das formações expostas aos processos erosivos, pelo que são os maiores fornecedores de material parental para a formação dos solos e materiais detríticos. Os teores de Pb dependem da presença de minerais detríticos primários como feldspatos, micas, minerais de argila e matéria orgânica. BOWEN (1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) refere teores médios para arenitos e calcários de 10mg/kg e 5,7mg/kg, respectivamente. Teores elevados são encontrados em grauvaques (ca. 23mg/kg) mas os argilitos negros (ricos em matéria orgânica e sulfuretos) são referidos como os que apresentam os maiores teores (REEDER *et al.*, 2005).

As concentrações nos sedimentos fluviais em Portugal (FERREIRA, 2000) variam entre 3 e 1378mg/kg podendo considerar-se que na região das lagoas em estudo esses materiais apresentam teores médios a elevados (**Figura A.III.1-4**).

**Figura A.III.1-4** - Cartografia geoquímica do teor de Pb obtido na análise da fracção <188µm de sedimentos fluviais de corrente através de ICP- AES, após ataque da amostra com aqua régia (retirado de Ferreira, 2000).



#### Ocorrência antrópica (produção e uso do Pb)

A produção e utilização do Pb pelo Homem vêm de épocas muito remotas, desde há pelo menos 5000 anos e têm variado ao longo dos tempos. SETTLE & PATTERSON (1980, *in* ADRIANO, 1986) referem um auge na produção de Pb durante a época do Império Romano ( $\approx$  2000 anos) ao qual se segue um decréscimo acentuado durante os tempos medievais. Posteriormente, nos tempos recentes, nos primórdios da revolução industrial, assiste-se a um dramático incremento, tendência de subida que se acentuou drasticamente nos últimos 50 anos com a introdução do Pb nos combustíveis. Actualmente, o Pb constitui um metal vital em qualquer economia industrial, pelo que toda a intervenção humana durante os processos de extracção, transformação, utilização, reciclagem e término são susceptíveis de adicionar mais Pb aos fluxos naturais.

Actualmente, é a indústria automóvel e a da construção que constituem os consumidores primários deste elemento. A indústria automóvel utiliza Pb nas ligas metálicas para a construção dos veículos, nas baterias, como aditivo na gasolina.

Esta última aplicação em virtude de o Pb se dispersar através do ar (após combustão da gasolina) contribuiu para uma enorme dispersão atmosférica deste metal, afectando todos os compartimentos ambientais (atmosfera, hidrosfera, biosfera, litosfera) mesmo os de regiões mais remotas (EWERS & SCHLIPKOTER, 1991). No entanto, esta última aplicação tem vindo a diminuir desde meados dos anos 70 como consequência da implementação de legislação restritiva resultante do aumento da consciencialização ambiental. Outras aplicações do Pb incluem: pigmentos, tubagens, ligas metálicas (Sn, Cu, Sb, etc.), munições, calafetagens, vernizes, vidros, cerâmicas, televisões, em revestimento como escudo contra radiações, galvanizações, pesos (ADRIANO, 1986). Na agricultura, a utilização do arsenato de chumbo ( $\text{PbHAsO}_4$ ) nos pesticidas tem vindo a ser banido e substituído por outros pesticidas orgânicos (DAVIES, 1997), diminuindo o efeito negativo desta contribuição. Pelo contrário, a cada vez maior utilização de lamas de esgotos (ETAR) nos terrenos agrícolas como adubo, tem-se revelado uma fonte adicional deste metal (e de outros, existindo legislação regularizadora em Portugal) nos solos, principalmente se a proveniência dos efluentes for de zonas industriais ou de escorrência de estradas.

#### Comportamento geoquímico (factores que afectam a mobilidade do Pb)

Na medida em que a forma reduzida  $\text{Pb}^{2+}$  domina a geoquímica ambiental deste elemento, é portanto aquela que pode ser mais preocupante. A mobilidade deste elemento é baixa na maioria dos ambientes oxidantes sendo imóvel em ambiente redutor pois está normalmente contido em sulfuretos.

Podem referir-se vários factores que afectam a mobilidade e disponibilidade do Pb (e de outros metais) no ambiente sedimentar. A textura, a mineralogia da fracção argilosa, o pH, a matéria orgânica, a capacidade de troca catiónica (ADRIANO, 1986). Nos sedimentos de meios aquáticos deve ainda ter-se em consideração a remobilização por outros factores como o conteúdo em sais, modificações das condições redox (FÖRSTENER & WITTMANN, 1981).

### **D) COBRE (Cu)**

#### Ocorrência Natural

O Cu, primeiro elemento do grupo 11 da Tabela Periódica, ao qual pertence a prata (Ag) e o ouro (Au), tem número atómico 29 e peso atómico de 63,546. Distribui-se por dois isótopos estáveis:  $^{63}\text{Cu}$  (69,09%),  $^{65}\text{Cu}$  (30,91%) e apresenta dois estados de oxidação mais comuns, sob a forma de ião monovalente ( $\text{Cu}^+$ ) e divalente ( $\text{Cu}^{2+}$ ) (Adriano, 1986; ALLOWAY, 1997; [ref<sup>a</sup> net-7]).

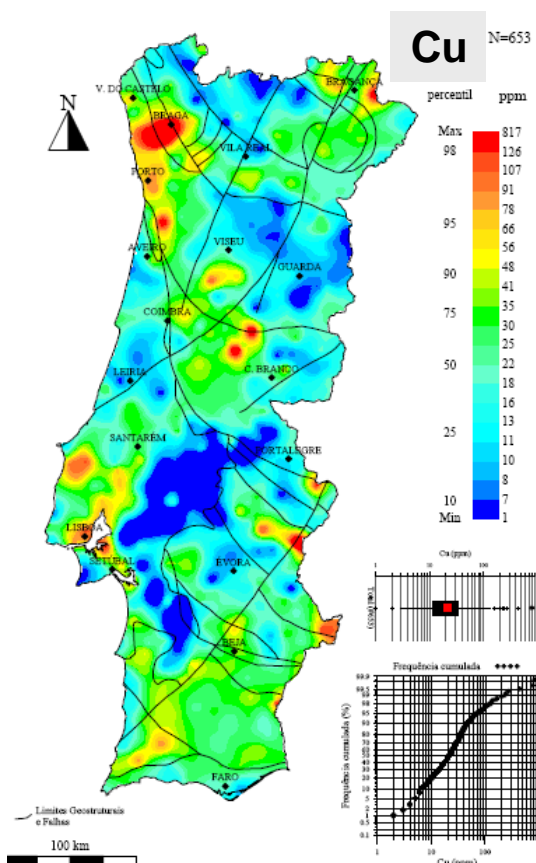
Na natureza, o Cu existe sob a forma de sulfuretos, sulfossais, carbonatos e outros compostos, ocorrendo também sob forma nativa (ADRIANO, 1986). Os minerais mais abundantes com Cu na sua constituição são: Cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), malaquite ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), azurite ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ), calcopirite

( $\text{CuFeS}_2$ ), bornite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), calcocite ( $\text{CuS}$ ). A calcopirite, embora não constitua o mineral com maior percentagem de Cu (apenas 34% Cu), quando comparada com os teores de outros minerais (Cu nativo = 100%; Covelite -  $\text{CuS}$  = 66%; Cuprite -  $\text{Cu}_2\text{O}$  = 89%) é, no entanto a forma mineral mais abundante deste elemento.

A abundância do Cu nas rochas basálticas é superior relativamente às graníticas, sendo muito baixo nos materiais carbonatados. Nas argilas e nas rochas máficas (ricas em  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ ), o  $\text{Cu}^{2+}$  pode trocar por substituição isomórfica substituindo catiões bivalentes como  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , em minerais como piroxenas, anfíbolos, magnetite e biotite (BAKER & SENFT, 1997), enriquecendo estes minerais em Cu (**Tabela A.III.1-13**). O mesmo autor indica como intervalos de concentração de Cu para a crosta e para os solos os teores de 24-55mg/kg e 20-30mg/kg, respectivamente.

Pela observação da Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal proposta por FERREIRA (2000), as lagoas em estudo inserem-se em regiões cujos sedimentos fluviais apresentam teores inferiores a 56mg/kg, registando-se as concentrações mais elevadas na zona da lagoa de Melides (**Figura A.III.1-5**).

O Cu é um dos vários metais pesados que é elemento essencial para todos os organismos, embora se torne muito tóxico se ocorrer em concentrações extremamente elevadas.



**Figura A.III.1-5** - Cartografia geoquímica do teor de Cu obtido na análise da fracção <188 $\mu\text{m}$  de sedimentos fluviais de corrente através de ICP- AES, após ataque da amostra com aqua régia (retirado de FERREIRA, 2000).

#### Ocorrência antrópica (produção e uso do Cu)

A utilização deste metal, pelo homem, em ferramentas, armas, utensílios e ornamentos, marcou períodos importantes na história da humanidade, por exemplo durante a Idade do Cobre (ALLOWAY, 1997), pelo que o seu uso ocorre desde tempos remotos.

Actualmente, pela sua elevada condutividade térmica e pela sua relativa imobilidade, o Cu é utilizado abundantemente na produção de cabos, como metal isolado ou combinado em ligas metálicas com outros elementos (Sn, Pb, Zn, Ni, Al e Mn). É empregue na produção de recipientes como caldeiras, tubagens para vapor, radiadores de automóveis e utensílios de cozinha. Deste modo, as

actividades mineiras de extracção de Cu e as indústrias ligadas ao processo metalúrgico estão entre as maiores fontes antropogénicas deste metal (ADRIANO, 1986).

A queima de carvão para produção de electricidade constitui uma fonte potencial de Cu para a atmosfera e para os solos (utilização das cinzas capturadas). O Cu entra no transporte atmosférico ainda pela queima de madeiras, combustíveis fósseis e incineração de resíduos (ALLOWAY, 1997).

Na agricultura, a maior fonte de Cu é a utilização de fertilizantes ricos neste elemento como o  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (25,5% Cu), entre muitos outros, solúvel na água. Os fungicidas e bactericidas utilizados no controle de pragas das culturas constituem uma fonte adicional de entrada nos solos e podem mesmo conduzir a problemas de toxicidade em solos com pouca capacidade de retenção deste metal (solos pobres em matéria orgânica) ficando disponível para assimilação pelas plantas (ADRIANO, 1986).

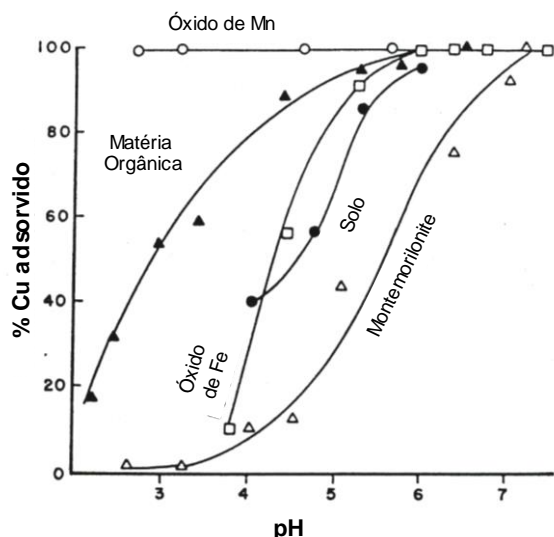
Na criação de suínos e aves, o Cu (como  $\text{CuSO}_4$ ) constitui um aditivo típico na dieta animal para promover aumento de peso e controle de doenças, com riscos de intoxicação associados, pelo que o Fe e o Zn são também incluídos nesta dieta como prevenção dessa intoxicação por Cu. A maior parte deste elemento (80-90%) é depois excretado, tendo-se detectado valores  $>800\text{mg/kg}$  de Cu (PURVES, 1977 in ADRIANO, 1986) nos dejectos de suínos. A aplicação directa destes materiais como estrume conduz ao enriquecimento destes elementos no solo. No entanto, a lixiviação do Cu do perfil de solo ou a descarga directa destes resíduos nas linhas de água podem encaminhar este elemento através dos efluentes hídricos para os sistemas lagunares/estuarinos.

A descarga sem controlo para a rede hidrográfica de águas residuais domésticas ou industriais enriquecidas em Cu pode conduzir a elevadas concentrações do metal para os meios lagunares. De igual modo, mesmo com a existência de estações de tratamento de águas residuais que impeçam a descarga directa das águas nos meios hídricos, as lamas produzidas podem representar igualmente riscos. A sua aplicação, sem controlo, como fertilizantes dos solos, pode conduzir a problemas ambientais análogos à aplicação de estrumes de animais anteriormente citada.

#### Comportamento geoquímico (factores que afectam a mobilidade do Cu)

Na natureza, o Cu ocorre nos estados de oxidação I ( $\text{Cu}^+$ ) e II ( $\text{Cu}^{2+}$ ), podendo o último substituir isomorficamente os iões  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$  (ADRIANO, 1986). No meio aquático, o Cu existe na forma particulada, coloidal e dissolvida, tendo tendência para formar complexos com bases fortes tais como carbonatos, nitratos, sulfatos e cloretos (ALZIEU *et al.*, 1999).

O Cu é rapidamente adsorvido e transferido para os sedimentos pelos filossilicatos, pelos óxidos de Fe e Mn e pela matéria orgânica. A **Figura A.III.1-6** revela que o óxido de Mn e a Matéria Orgânica são os constituintes com maior capacidade de reter o  $\text{Cu}^{2+}$ , com os aluminossilicatos a representar um papel menor na retenção deste elemento, pelo que o teor de matéria orgânica de um sedimento não deve ser considerado como único indicador da capacidade de retenção de metais de um sedimento. Estes componentes com forte capacidade fixadora do Cu nos sedimentos, desempenham um papel preponderante na mobilidade e disponibilidade deste elemento no meio aquático, fazendo com que o Cu constitua um dos metais pesados menos móveis (ADRIANO, 1986).



**Figura A.III.1-6** - Adsorção específica do  $\text{Cu}^{2+}$  pelos constituintes do solo em função do pH (1gr de amostra com 200ml de 0,05M  $\text{CaCl}_2$  contendo 5mg/kg de Cu) (McLAREN & CRAWFORD, 1973, in ADRIANO, 1986).

## E) CRÓMIO (Cr)

### Ocorrência Natural

O Cr, com número atômico 24 e massa atômica de 51,996, é o primeiro elemento do grupo 6 da Tabela Periódica, distribuindo-se a ocorrência natural deste elemento por quatro isótopos  $^{50}\text{Cr}$  (4,31%),  $^{52}\text{Cr}$  (83,76%),  $^{53}\text{Cr}$  (9,55%),  $^{54}\text{Cr}$  (2,38%), dos quais o  $^{52}\text{Cr}$  é o mais abundante. Nos ambientes geológicos, o Cr tem vários estados de oxidação possíveis (-2 a +6), sendo o Cr metálico, o trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ) e o hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ) as formas mais comuns deste elemento (ADRIANO, 1986). No entanto, apenas as duas últimas se encontrem em solução, com o balanço entre as duas espécies controlado pelo equilíbrio termodinâmico.

O Cr é um elemento que está presente em todos os ambientes (ar, solo, água, e matéria biológica) em variadas concentrações, sendo mais abundante na crosta terrestre que o Cu ou o Zn (**Tabela A.III.1-2**). A Cromite ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) é o mineral mais abundante deste elemento e a Crocoite ( $\text{PbCrO}_4$ ) é menos comum (GAUGLHOFFER & BIANCHI, 1991).

Nas rochas magmáticas, a distribuição do Cr está correlacionada com a sequência de cristalização, sendo as primeiras fases de cristalização fraccionada enriquecidas neste metal. Rochas básicas (olivínicas ou piroxenitos) podem apresentar teores entre 1000-4000mg/kg, enquanto num granito os teores descem para 2-10 mg/kg. Nas rochas magmáticas, o Cr surge ligado apenas a alguns minerais primários como a Cromite (mineral do grupo das espinelas) com  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  como componente dominante, embora cromites com componentes com  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$  também sejam conhecidas (GOLDSCHMIDT, 1962). O  $\text{Cr}^{3+}$  pode substituir o  $\text{Fe}^{3+}$  e o  $\text{Al}^{3+}$  em minerais como turmalinas, granadas, micas e clorites (McGRATH, 1997).

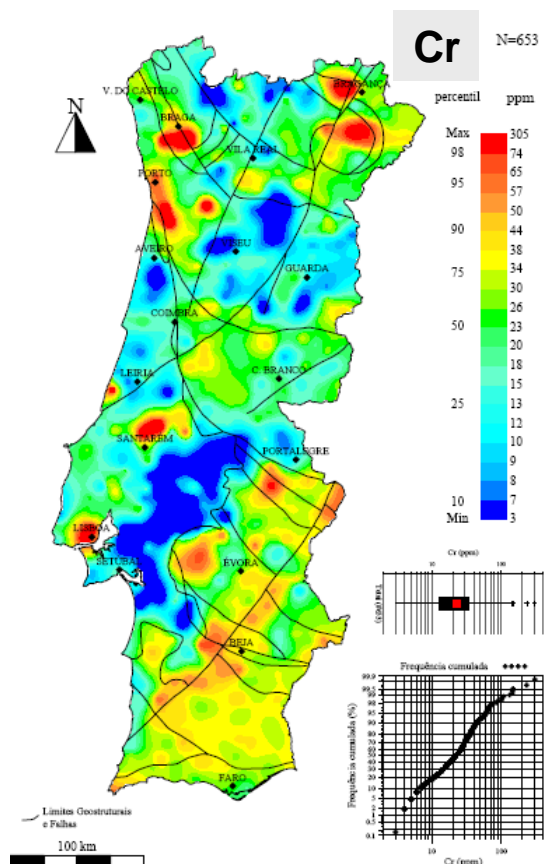
Os teores naturais de Cr em sedimentos são fortemente controlados pelo tipo de litologia aflorante na região, pelo que bacias hidrográficas desenvolvidas em rochas ígneas básicas contribuem com valores elevados deste metal para os sedimentos. A cromite pode ficar concentrada

em sedimentos arenosos sob a forma de depósitos relíquia (“areias negras”) juntamente com outros minerais pesados (GOLDSCHMIDT, 1962).

É considerado um elemento essencial para uma parte dos organismos vivos. O risco de contaminação ambiental depende do estado de oxidação deste elemento, sendo a toxicidade da forma hexavalente de crómio 100 a 1000 vezes superior aos dos compostos trivalentes deste elemento (GAUGLHOFFER & BIANCHI, 1991).

Segundo FERREIRA (2000), os teores de Cr nos sedimentos fluviais dos rios portugueses variam entre 3 e 305mg/kg, caracterizando-se a região das lagoas em estudo por apresentarem teores inferiores a 50mg/kg (**Figura A.III.1-7**).

**Figura A.III.1-7** - Cartografia geoquímica do teor de Cr obtido na análise da fracção <188µm de sedimentos fluviais de corrente através de ICP- AES, após ataque da amostra com aqua régia (retirado de FERREIRA, 2000).



#### Ocorrência antrópica (produção e uso do Cr)

Segundo GAUGLHOFFER & BIANCHI (1991) as principais fontes de Cr provenientes da actividade antrópica são:

- A indústria metalúrgica, que consome a maior parte da produção de Cr obtido principalmente através da exploração de minérios ricos em cromite. Durante a produção de ligas metálicas, pequenas partículas de Cr podem escapar para a atmosfera sob a forma de poeiras;
- A indústria de galvanizações, com produção de grandes volumes de água enriquecida neste metal;
- A indústria química, que utiliza o óxido de crómio (III) como pigmento, como catalisador ou para produção de crómio metálico;
- A indústria dos curtumes, em que o sulfato de Crómio (III) constitui o mais importante agente de curtição. A retenção de Cr pelo couro não é completa, produzindo-se efluentes ricos neste metal. Para além do risco associado a esta componente líquida, existem ainda os resíduos de couro e as poeiras;
- Outras indústrias: construção de edifícios (pigmentos das tintas); indústria de impressão; petroquímicas; indústrias têxteis; produção de fósforos; produtos de pirotecnia; cassetes de vídeo/áudio de Cr(IV);
- Águas/lamas de ETAR que colectam afluentes ricos em Cr. Posteriormente, se as lamas forem utilizadas como fertilizantes nos solos, podem contaminá-los;



Adriano (1986) refere ainda outros exemplos de fontes antrópicas de Cr: indústria de pasta de papel, fertilizantes, refinarias de petróleo, motores de veículos, indústria cimenteira e centrais eléctricas.

Face ao exposto, as entradas deste metal nos sistemas lagunares/estuarinos podem efectuar-se via atmosférica (poeiras), via aquática (efluentes contaminados) ou via detrítica (material sólido proveniente da bacia hidrográfica).

#### Comportamento geoquímico (factores que afectam a mobilidade do Cr)

A forma reduzida ( $\text{Cr}^{3+}$ ) é mais comum nas regiões anóxicas da coluna de água ou dos sedimentos, enquanto a forma oxidada ( $\text{Cr}^{6+}$ ) é predominante quando existem boas condições de oxigenação. A forma reduzida ( $\text{Cr}^{3+}$ ) tem forte tendência para se adsorver às superfícies sendo, rapidamente, removida da coluna de água para os sedimentos sob a forma particulada. No entanto, na presença de matéria orgânica indutora da formação (com esta espécie reduzida) de complexos estáveis, em solução, este elemento fica conseqüentemente menos sensível aos processos de oxidação (ALZIEU *et al.*, 1999).

A mobilidade e disponibilidade do Cr são afectadas por diversos factores como: o pH e o potencial de redução do meio, o estado de oxidação e a presença/ausência de matéria orgânica e de óxidos de Fe e Mn (ADRIANO, 1986).

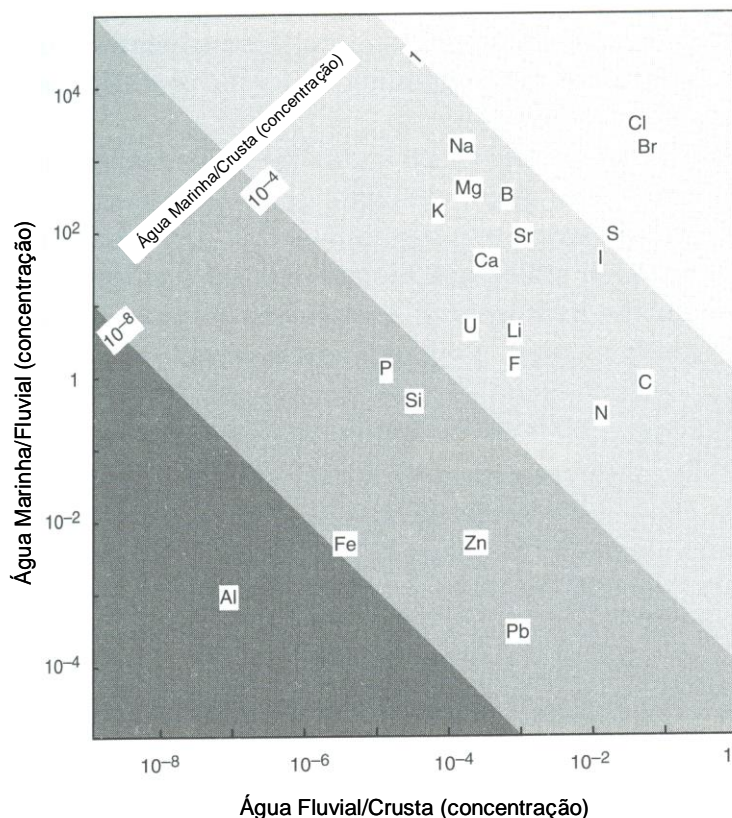
pH-Eh - a forma  $\text{Cr}^{6+}$  predomina em condições de pH superiores a 7 e em soluções saturadas em oxigénio. No entanto, à temperatura ambiente, estas condições não ocorrem frequentemente, excepto, por exemplo em ambiente marinho, onde o Cr existe maioritariamente sob a forma de cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) (BRULAND, 1983, *in* GAUGLHOFER & BIANCHI, 1991). A maior parte do  $\text{Cr}^{3+}$  encontra-se sob a forma solúvel em condições de pH baixos, enquanto para valores entre 5-6 o hidróxido desta forma reduzida precipita (GAUGLHOFER & BIANCHI, 1991).

Estado de oxidação - o estado de oxidação do Cr é muito importante na mobilidade relativa deste elemento, sendo a forma hexavalente (espécie mais tóxica na nutrição para plantas e homem) mais móvel, nos solos, que a trivalente.

Matéria orgânica, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn - a redução do  $\text{Cr}^{6+}$  a  $\text{Cr}^{3+}$  é rápida em meio anóxico mas a transformação contrária requer a presença de um catalisador (óxido de Mn) (ADRIANO, 1986; ALZIEU *et al.*, 1999). O Mn, no processo de oxidação do Cr, funciona como receptor de electrões, enquanto a matéria orgânica e o  $\text{Fe}^{2+}$  no processo de redução podem funcionar como dadores de electrões, promovendo o processo de redução do  $\text{Cr}^{6+}$  a  $\text{Cr}^{3+}$ , e a sua passagem a hidróxido, favorecendo a sua imobilização. A retenção do Cr nos sedimentos é potenciada, principalmente, pela presença dos óxidos de Mn (elevada área específica e cargas negativas) com menor contribuição dos óxidos de Fe (LONG, 1983, *in* ADRIANO, 1986).

## F) Enxofre (S) e Halogenetos (Cl, Br, I)

Em meio aquoso, certos elementos devido às suas características (ex: raio iónico, carga iónica ou estado de oxidação, solubilidade) exibem tendência para permanecerem em solução; é o caso dos iões de maior raio iónico e de baixa carga iónica, pertencentes aos Grupos I (Li, Na, K, Rb, Cs), II (Mg, Ca, Sr, Ba) e VII (Cl, Br, I) da tabela periódica (COX, 1995). No entanto, nos oceanos - reservatório de colecta dos produtos meteorizados e esfera altamente dinâmica - a concentração destes elementos está dependente de factores mais complexos, como por exemplo: composição das águas fluviais afluentes (relacionada com as litologias aflorantes e o tipo de meteorização), actividade biológica (fixação/produção), processos hidrotermais, precipitação/dissolução química. Deste modo, a concentração de qualquer elemento depende do balanço entre os processos de adição e remoção. Os rios, como maior fonte de elementos para os oceanos, podem contribuir com concentrações muito variadas (ex: diversidade de caudais e de rochas drenadas). No entanto, quando se estabelecem comparações entre os valores médios dos elementos na crosta, nos rios e nos oceanos, é possível verificar que certos elementos se encontram enriquecidos num determinado ambiente - **Figura A.III.1-8** (COX, 1995). Neste gráfico os elementos posicionados, relativamente ao eixo horizontal, no extremo direito (Cl, Br, C e S), indicam que se encontram enriquecidos nas águas dos rios comparativamente com as rochas crustais. Estes elementos provenientes das rochas, atmosfera ou matéria viva, entram facilmente em solução; os elementos posicionados para a esquerda do eixo são mais insolúveis (Fe e Al), e permanecem como residuais, apresentando-se consequentemente empobrecidos nos rios. Relativamente ao eixo vertical, este permite a comparação entre as concentrações observadas nas águas marinhas e nas águas continentais de rios:



os elementos da parte superior do gráfico (Cl, Br e Na) encontram-se em maior abundância nas águas marinhas, enquanto os da base (Pb, Al e Fe) se encontram empobrecidos. As linhas diagonais indicam a razão entre as concentrações das águas oceânicas e da crosta. O Cl e o Br destacam-se como elementos enriquecidos no domínio marinho.

**Figura A.III.1-8** - Comparação da distribuição de alguns elementos por diferentes reservatórios (rochas da crosta, águas continentais fluviais e águas marinhas) (adaptado de COX, 1995).

- **Enxofre (S)**

#### Ocorrência Natural

O S, com número atômico 16 e massa atômica de 32,06, sucede o Oxigénio no grupo 16 da Tabela Periódica, distribuindo-se a ocorrência natural deste elemento por quatro isótopos:  $^{32}\text{S}$  (94,93%),  $^{33}\text{S}$  (0,76%),  $^{34}\text{S}$  (4,29%) e  $^{36}\text{S}$  (0,02%), dos quais o primeiro é o mais abundante. Nos ambientes geológicos, o S apresenta-se em cinco estados de oxidação (COX, 1995): (-2) corresponde a sulfuretos (ex: galena), sulfossais e ao  $\text{H}_2\text{S}$ ; (-1) corresponde a dissulfuretos (ex: pirite) e dissulfuretos orgânicos; (0) corresponde ao enxofre nativo; (+4) corresponde ao  $\text{SO}_2$  (ex: gás vulcânico), ao sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) e bisulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ); (+6) corresponde ao  $\text{SO}_3$  (ex: gás vulcânico) e aos sulfatos (ex: gesso -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Deste modo, o seu estado de oxidação determina o tipo de mineral onde este elemento se insere.

Nos seus estados de oxidação mais reduzidos, o S ocorre combinado com elementos calcófilos, como Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Sb, Hg e Pb, que apresentam afinidade para formar minerais como sulfuretos: pirite -  $\text{FeS}_2$ , arsenopirite -  $\text{FeAsS}$ , calcopirite -  $\text{FeCuS}_2$ , calcocite -  $\text{Cu}_2\text{S}$ , pentlandite -  $(\text{Fe,Ni,Co})_9\text{S}_8$ , esfalerite (blenda) -  $\text{ZnS}$ , molibdenite -  $\text{MoS}_2$ , realgar -  $\text{As}_4\text{S}_4$ , argentite -  $\text{Ag}_2\text{S}$ , greenockite -  $\text{CdS}$ , estibina -  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , cinábrio -  $\text{HgS}$ , galena -  $\text{PbS}$ . No estado de oxidação mais elevado encontra-se presente sob a forma de sulfatos (depósitos evaporíticos ou em maciços de sulfuretos metálicos): barite -  $\text{BaSO}_4$ , Celestite -  $\text{SrSO}_4$ , anglesite -  $\text{PbSO}_4$ , anidrite -  $\text{CaSO}_4$ , Gesso -  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , antlerite -  $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$ , alunite -  $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ , jarosite -  $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ .

Nas litologias magmáticas, as rochas ultra-máficas e máficas apresentam os teores mais elevados deste elemento (300 - 23000mg/kg) em detrimento das litologias intermédias (60 - 3000mg/kg) e félsicas (45 - 3900mg/kg) (WEDEPOHL, 1978, *in* REEDER *et al.*, 2005).

Nas formações sedimentares, as litologias arenosas e argilosas revelam teores médios mais baixos de S (945mg/kg e 1850mg/kg, respectivamente), enquanto as carbonatadas (4550mg/kg) são mais enriquecidas (KRAUSKOPF, 1982, *in* REEDER *et al.*, 2005). As formações evaporíticas contendo gesso e anidrite revelam os teores mais elevados podendo atingir *ca.* de 20% de S. As rochas enriquecidas em matéria orgânica, como os argilitos negros ou as formações carbonosas revelam teores importantes deste elemento, de *ca.* 7% e >3%, respectivamente (WEDEPOHL, 1978, *in* REEDER *et al.*, 2005). A ocorrência importante de S em materiais enriquecidos em matéria orgânica resulta do facto de este elemento, tal como o azoto, ser um constituinte importante das moléculas orgânicas de carbono. O S ao ser assimilado pelos organismos é, na maior parte, reduzido até ao estado de oxidação -2 e incorporado nas suas estruturas orgânicas (ex: proteínas) (COX, 1995). Deste modo, em ambiente aquático, nos sedimentos enriquecidos em matéria orgânica, a decomposição (mineralização) desta vai libertar S que fica disponível em forma de sulfato (se em ambiente oxidante) ou em forma reduzida (se em ambiente redutor). Neste último caso, o S pode combinar-se com outros elementos para formar, por exemplo, pirite diagenética. Por outro lado, se estes sedimentos forem expostos a ambiente oxidante, estes sulfuretos podem oxidar e o  $\text{Fe}^{2+}$

transforma-se em  $\text{Fe}^{3+}$  que precipita sob a forma de um hidróxido insolúvel ao mesmo tempo que o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  fica disponível e se formam  $\text{H}^+$  (numa relação de 2:1), segundo a seguinte expressão:  $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 16\text{H}^+ + 8\text{SO}_4^{2-}$ . Em consequência, a pirite dos sedimentos pode constituir uma fonte de sulfatos para o meio aquoso e assiste-se à acidificação do meio com efeitos, por vezes, desastrosos para os ambientes.

É de salientar, que as contribuições atmosféricas deste elemento são importantes e podem provir de variadas fontes naturais ou antrópicas, como: “spray marinho”, poeiras, vulcões, solos, pântanos e actividades industriais.

#### Ocorrência antrópica

As fontes antrópicas de S são numerosas e variadas (REEDER *et al.*, 2005, [ref<sup>a</sup> net-12]), podendo o S entrar nos sistemas naturais através de descargas no ambiente aquático de efluentes industriais provenientes da produção de sulfatos (ex: utilização como fertilizante) e ácido sulfúrico (fabrico de baterias). Outras aplicabilidades do S incluem o fabrico de pólvora, a vulcanização de borracha, fungicida, indústria de papel e têxteis, em fotografia (tiosulfato de sódio empregue como fixador), queima de combustíveis fósseis (carvões).

A própria actividade mineira de extracção de sulfuretos tem impactos muito negativos nos solos, nas águas e no ar como consequência, não só, dos processos de produção, mas também pela oxidação da pirite exposta a ambiente oxidante. Este fenómeno é bem conhecido nas regiões adjacentes a grandes explorações mineiras, com consequências desastrosas, principalmente para as linhas de água, onde se regista a “Drenagem Ácida Mineira”, como acontece no nosso país para juzante da antiga exploração de sulfuretos maciços da Mina de São Domingos.

#### • Cloro (Cl)

#### Ocorrência Natural/Comportamento geoquímico

Este elemento que pertence ao grupo 17 da Tabela Periódica, tem número atómico 17 e peso atómico de 35,453. Tem como isótopos naturais o  $^{35}\text{Cl}$  (75,78%) e o  $^{37}\text{Cl}$  (24,22%) [ref<sup>a</sup> net-7]. Este elemento, com cinco estados de valência principais (-1, +1, +3, +5 e +7) (REEDER *et al.*, 2005), ocorre na natureza quase exclusivamente sob a forma -1 (COX, 1995). Este anião, cujo raio iónico é 1,78Å, pode apresentar comportamento cristaloquímico semelhante ao de outras espécies aniónicas, tais como o  $\text{Br}^-$  (1,96Å) e o  $\text{I}^-$  (2,20Å). Na natureza são comuns as substituições isomórficas do Cl pelo Br em minerais como a carnalite -  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , bem como em sais de prata como a cloroargirite ( $\text{AgCl}$ ), formando as embolites ( $\text{Ag}(\text{Cl},\text{Br})$ ) ou as iodobromoargirites [ $\text{Ag}(\text{Cl},\text{Br},\text{I})$ ], se a substituição for pelo iodo. Outros minerais típicos portadores de cloro são os sais Halite ( $\text{NaCl}$ ) e Silvite ( $\text{KCl}$ ) e alguns silicatos como a sodalite ( $\text{Na}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$ ), a zunita ( $\text{Al}_{13}\text{Si}_5\text{O}_{20}(\text{OH})_{18}\text{Cl}$ ), a escapolite sódica ( $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}\text{Cl}$ ). Em ambientes supergénicos, envolvendo processos de meteorização podem ocorrer minerais como o cloreto de cobre ( $\text{CuCl}$ ), a atacamite [ $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}$ ] e a Fogenite ( $\text{Pb}_2\text{CO}_3\text{Cl}_2$ ) (GOLDSCHMIDT, 1962).

O teor de Cl nas rochas ígneas é geralmente muito baixo não excedendo, normalmente, os 500mg/kg (**Tabela A.III.1-11**), excepto em litologias vulcânicas ricas em sodalite, em que o teor de cloro pode atingir valores percentuais (GOLDSCHMIDT, 1962). As dolomites podem atingir teores de 660mg/kg enquanto outras rochas sedimentares não excedem 20-130mg/kg (REEDER *et al.*, 2005).

A solubilidade e a volatilidade da maior parte dos compostos de cloro conduziram, desde tempos primordiais, ao progressivo aumento da concentração deste elemento nos oceanos

**Tabela A.III.1-11 - Teores de Cl e Br em rochas ígneas (retirado de GOLDSCHMIDT, 1962).**

Rocha	Cl (mg/kg)	Br (mg/kg)	Cl:Br
Granitos	330	1,6	275
Granodioritos	540	2,57	292
Sienitos	400	1,07	284
Gabros	200	2,00	105
Basaltos	260	2,67	131

(GOLDSCHMIDT, 1962). O Cloro, embora não participe directamente na maior parte das reacções bioquímicas, é considerado um elemento essencial à vida, estabelecendo um papel preponderante no balanço iónico. A forma molecular Cl<sub>2</sub> é altamente tóxica para todas as formas de vida (foi usado como gás tóxico durante a I Guerra Mundial (COX, 1995)).

#### Ocorrência antrópica (Produção e uso do Cl)

As principais contribuições antrópicas de Cloro envolvem os processos de produção, transporte e utilização deste elemento [ref<sup>a</sup> net-9]. As maiores preocupações ambientais relacionam-se com os compostos sintéticos de cloro, especialmente os organoclorados, como os PCBs e as dioxinas; alguns altamente tóxicos são utilizados como pesticidas (DDT, Aldrina). Outros compostos como os CFCs são utilizados na refrigeração. Muitas são as aplicabilidades dos compostos cloretados fabricados pelo Homem, dos quais se podem citar a título de exemplo (COX, 1995; [ref<sup>a</sup> net-9], REEDER, 2005): processos de branqueamento (têxtil, papel), fabrico de borracha e plástico, desinfecção de água, aplicação medicinal (desinfecção/esterilização), PVCs, anticongelante (aplicação de sal nas estradas). A eficácia reconhecida do cloro na eliminação da componente bacteriológica no tratamento das águas residuais tem contribuído para a presença deste elemento nos efluentes finais das Estações de Tratamento de Águas Residuais, constituindo uma fonte adicional aos meios hídricos fluviais, estuarinos ou lagunares. No entanto, a maior preocupação relaciona-se com a capacidade volátil deste elemento que induz o aumento da sua concentração e consequente acumulação na atmosfera, com os já sobejamente conhecidos efeitos nefastos na camada de ozono.

#### • Bromo (Br)

#### Ocorrência Natural/Comportamento geoquímico

Elemento com número atómico 35 e massa atómica de 79,904, pertence ao grupo dos halogenetos. Tem como isótopos naturais o <sup>79</sup>Br (50,59%) e o <sup>81</sup>Br (49,31%) [ref<sup>a</sup> net-7]. Este elemento tem quatro estados de oxidação principais (-1, +1, +3, +5) (REEDER *et al.*, 2005) dos quais o -1 é o que ocorre quase exclusivamente na natureza (COX, 1995).

O Br é um elemento raro na crosta terrestre, ocorrendo exclusivamente sob a forma iónica de Br<sup>-</sup>, cujo raio iónico (1,96 Å) é semelhante ao do Cl<sup>-</sup> (1,78 Å) (GOLDSCHMIDT, 1962). Em

consequência, este elemento exhibe comportamento químico idêntico ao Cloro, substituindo facilmente este elemento nas redes cristalinas, apresentando-se como constituinte menor nos sais naturais de cloro, tais como o cloreto de sódio (NaCl) (COX, 1995). Outras substituições isomórficas em sais podem ser observadas na carnalite -  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - e em sais de prata em que o Br pode aparecer como único halogeneto formando um mineral próprio como a bromoargirite ( $\text{AgBr}$ ) ou em combinações mistas, formando as embolites ( $\text{Ag}(\text{Cl},\text{Br})$ ) ou as iodobromoargirites [ $\text{Ag}(\text{Cl},\text{Br},\text{I})$ ] (GOLDSCHMIDT, 1962; KEIN & HURLBUT, 1993). Outros minerais portadores de cloro mas com afinidades magmáticas como a cloroapatite, a sodalite e a escapolite podem incorporar bromo (GOLDSCHMIDT, 1962).

Os teores de Br nas rochas ígneas podem variar entre 1,6mg/kg em granitos e 2,67mg/kg em basaltos (**Tabela A.III.1-11**). Nos solos os valores podem oscilar entre 1 e 20mg/kg, existindo uma forte correlação entre este elemento e a matéria orgânica, facto comprovado pelos elevados teores observados em turfas (15 - 70mg/kg). O Br parece ter maior tendência para ser adsorvido pelas argilas e pela matéria orgânica dos solos que o Cl (GOLDSCHMIDT, 1962). Os sedimentos formados sob influência de condições salinas revelam concentrações de Br mais elevadas que outros depositados sob influência de águas doces. Do mesmo modo, em sedimentos recentemente depositados, o teor de Br tende a diminuir em profundidade, apresentando, por vezes, a água intersticial teores mais elevados que o sedimento (WEDEPOHL, 1978 *in* REEDER *et al.*, 2005).

Concentrações traço (aproximadamente  $10^{12}$ ) de compostos de Br ocorrem na atmosfera, contendo as emissões vulcânicas reduzida quantidade de HBr, que como gás muito solúvel rapidamente é exportado desta esfera ambiental, contribuindo para o enriquecimento dos oceanos neste elemento. Nos oceanos, o metil-brometo ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) é a espécie natural dominante, sendo produzida pela actividade biológica. A esta maior contribuição natural adiciona-se a menor contribuição antrópica proveniente da actividade industrial (COX, 1995) (ver Ocorrência antrópica).

Este ião encontra-se disperso pelas diferentes formas de vida juntamente com o ião  $\text{Cl}^-$ , não se julgando ser um elemento essencial, embora diversos compostos do elemento se tenham identificado em organismos marinhos. A forma elementar  $\text{Br}_2$  (tal como o  $\text{Cl}_2$ ) é altamente tóxica, parecendo relacionar-se elevadas concentrações de  $\text{Br}^-$  com efeitos depressivos no sistema nervoso dos organismos.

#### Ocorrência antrópica (Produção e uso do Br)

A maior parte do Bromo usado na indústria é extraída da água do mar ou de outras fontes salinas (água subterrâneas salinas). Raramente é usado como elemento isolado, sendo principalmente convertido em compostos orgânicos deste elemento.

O Etileno dibrometo ( $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$ ) era usado como aditivo nos combustíveis, actuando como purificador do tetraetil de Pb - agente “antiknock” - mas, actualmente, com a saída de circulação dos combustíveis com Pb, esta utilização entrou em declínio (COX, 1995; [ref<sup>a</sup> net- 8]; [ref<sup>a</sup> net-9]).

A aplicação de Bromometano como pesticida (fumigante) constitui outra fonte antrópica deste elemento ([ref<sup>a</sup> net- 8]; [ref<sup>a</sup> net-9]). Este composto,  $\text{CH}_3\text{Br}$ , foi amplamente utilizado na

esterilização dos solos e no controlo de infestantes (ratos, insectos e fungos) até a sua produção e uso serem restringidas pelo Protocolo de Montreal<sup>1</sup>, devido às consequências que este composto inflige na diminuição da camada de ozono [ref<sup>a</sup> net-11].

Os compostos deste elemento desempenham um papel importante no controlo da combustão (incêndios) como auto-extinguível (retardador da combustão) em fibras sintéticas e na produção do gás “Halon” (ex: CF<sub>3</sub>Br - Halon 1301). Este último, com consequências ambientais ao nível da destruição da camada do Ozono idênticas às provocadas pelos CFCs, foi colocado na lista dos produtos a banir no Protocolo de Montreal<sup>1</sup>.

Exemplos de outras aplicações dos compostos de Br: purificação de águas, fins medicinais, compostos inorgânicos em fotografia [ref<sup>a</sup> net-7], extracção de Au, gás para fins militares, branqueamento de fibras e sedas, síntese de compostos orgânicos [ref<sup>a</sup> net-9].

- **Iodo (I)**

#### Ocorrência Natural/Comportamento geoquímico

Inserido no grupo 17 da Tabela periódica tem número atómico 53 e massa atómica 126,9045, pertencendo ao grupo dos halogenetos. Tem apenas o <sup>127</sup>I como isótopo natural (100%) [ref<sup>a</sup> net-7], apresentando cinco estados de oxidação principais (-1, +1, +3, +5, +7) (REEDER *et al.*, 2005).

Na natureza ocorre frequentemente como anião univalente (I<sup>-</sup>) ou como anião complexo - ião iodato (IO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Embora dos halogenetos seja o que apresente o anião (I<sup>-</sup>) com maior raio iónico (2,20Å), a diferença para o Br<sup>-</sup> ainda permite a ocorrência de substituições isomórficas. As substituições isomórficas com o ião oxidrilo (OH<sup>-</sup>; r<sub>i</sub> = 1,4-1,6Å) podiam, à partida, julgar-se menos favoráveis, mas grandes quantidades de lodo são encontradas em muitos silicatos que contêm o grupo OH<sup>-</sup>, e.g. moscovite, flogopite e vesuvianite (teores de I entre 0,6 e 1,25mg/kg) bem como em hidróxidos de ferro. Relativamente aos minerais magmáticos primários, o lodo não tem minerais próprios mas pode ocorrer com teores importantes em minerais comuns que na estrutura contenham Cl<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup> ou F<sup>-</sup> (**Tabela A.III.1-12**). Em contexto supergénico podem ocorrer outras formas minerais com lodo, geralmente associadas à meteorização de sulfuretos, resultando na formação de sais muito insolúveis (marchite - CuI, iodirite - AgI, miersite - (Ag,Cu)I e iodoembolite - Ag(Cl,Br,I). Em condições genéticas semelhantes, pode ocorrer HgI e PbI<sub>2</sub>. Alguns minerais de lodo foram observados em depósitos de nitratos: lauterite - iodotados - Ca(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e dietzeite - Ca<sub>2</sub>(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(CrO<sub>4</sub>).

Nas rochas magmáticas, os teores são bastante uniformes, apresentando os granitos teores médios de 0,200 e os basaltos de 0,204mg/kg (GOLDSCHMIDT, 1962) mas num intervalo entre <0,02mg/kg a 1,9mg/kg (FUGE & JOHNSON, 1986, *in* REEDER *et al.*, 2005).

---

<sup>1</sup> O protocolo de Montreal (“The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer”) é um tratado internacional elaborado com o objectivo de proteger a camada de ozono restringindo a produção de um número de substâncias consideradas responsáveis pela diminuição do ozono. Este tratado foi assinado em 16 de Setembro de 1987 e entrou, efectivamente, em vigor a 1 de Janeiro de 1989. Desde essa data já foram elaboradas cinco revisões do tratado: 1990 - Londres, 1992 - Copenhaga, 1995 - Viena, 1997 - Montreal e 1999 - Beijing [ref<sup>a</sup> net-10].



Teores elevados são referidos para argilitos (média de 17mg/kg) os quais o autor (COSGROVE, 1970, *in* REEDER *et al.*, 2005) relaciona com a elevada concentração de matéria orgânica. Valores ainda mais elevados são referidos por BUTLER (1999, *in* REEDER *et al.*, 2005) para rochas fosfatadas (0,8-130mg/kg) e caliches ( $\approx$ 400mg/kg).

Tal como no caso do Cl e do Br, desde tempos primordiais este elemento tem vindo a concentrar-se nos oceanos. O iodo é considerado elemento essencial à vida desempenhando, nos humanos, um papel de relevo na glândula da tiróide, sendo muitas vezes artificialmente inserido, com fins medicinais, na dieta de povos de regiões deficitárias deste elemento (COX, 1995).

**Tabela A.III.1-12 - Teores de I em diversos minerais (GOLDSCHMIDT, 1962).**

Mineral	Grupo	I (mg/kg)
Andesina		0,440
Albite		0,150
Microclina		0,370
Sodalite	Cl	0,900
Escapolite	Cl	0,230
Hiperstena		0,940
Flogopite	OH	0,630
Biotite	OH	0,500
Muscovite	OH	0,690
Esfena	F	0,770
Quartzo fumado		0,330
Fluorite	F	0,550

#### Ocorrência antrópica (Produção e uso do I)

As entradas antrópicas de I nos sistemas naturais resultam da utilização que o Homem faz deste elemento, sendo variadas as suas aplicações (COX, 1995; REEDER *et al.*, 2005; [ref<sup>a</sup> net-9]; [ref<sup>a</sup> net-12]. Os compostos de I são importantes na química orgânica e constituem um ingrediente utilizado com várias aplicabilidades na área medicinal, desde germicidas, anticépticos, hipertiróidismo (bócio), entre outras. Pode ser utilizado como agente desinfectante na água para consumo e na de piscinas. O iodeto de potássio (KI) é utilizado em fotografia e o I nas lâmpadas de filamento de tungsténio (volfrâmio) aumentam a sua vida útil. O triodeto de azoto (NI<sub>3</sub>) é utilizado como explosivo de impacto.

Embora a maior parte dos isótopos radioactivos de I tenham períodos de semi-vida muito curtos o <sup>129</sup>I tem um período de 15,7 milhões de anos e pode representar um risco ambiental. O <sup>131</sup>I com apenas 8,1 dias de semi-vida é muito radioactivo e constitui um risco imediato após acidentes nucleares pois concentra-se na glândula da tiróide. As centrais nucleares podem ser fonte significativa dos dois isótopos, particularmente em acidentes como o que ocorreu em Chernobyl, libertando-se enormes quantidades de iodo radioactivo no ar.

## **G) ESTRÔNCIO (Sr)**

#### Ocorrência Natural

Elemento com número atómico 38 e peso atómico de 87,62 com um único estado de oxidação (+2) e quatro isótopos naturais - <sup>84</sup>Sr (0,56%); <sup>86</sup>Sr (9,86%), <sup>87</sup>Sr (7,02%) e <sup>88</sup>Sr (82,56%) pertence ao grupo 2 da Tabela Periódica. Tem comportamento geoquímico muito semelhante ao Ba e ao Ca mas é muito menos abundante que o último, sendo a concentração média na crosta terrestre de 370mg/kg (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Esta similitude de comportamento resulta do Sr<sup>2+</sup> apresentar um valor de raio iónico (1,27Å) intermédio ao Ca<sup>2+</sup> (1,06Å) e ao Ba<sup>2+</sup>

(1,43Å), elementos do mesmo grupo. No entanto, existe também uma proximidade geoquímica com o  $K^+$ , cujo raio iónico é de 1,33Å. Desta forma, pode substituir estes elementos numa variedade enorme de minerais como feldspato potássico, gesso, plagioclase, calcite e dolomite (maiores fontes de Sr nas águas fluviais). Nos minerais de Ba como a Barite ( $BaSO_4$ ) e a viterite ( $BaCO_3$ ), pode igualmente ocorrer substituição. Embora as semelhanças geoquímicas entre o  $Sr^{2+}$  e o  $K^+$  pressuponham que o primeiro substitua o segundo nos seus minerais, é de assinalar que os filossilicatos com K como a moscovite, a flogopite, a biotite e o lepidomelano não têm facilidade em capturar o Sr ao contrário de outros minerais de K, como a leucite (feldspatóide) ou o feldspato potássico (GOLDSCHMIDT, 1962).

O Sr pode formar minerais próprios, embora sejam relativamente raros, como a estroncianite ( $SrCO_3$ ) e a celestite ( $SrSO_4$ ) associados principalmente a depósitos hidrotermais ou pegmatíticos (COX, 1995; REEDER *et al.*, 2005).

Durante a diferenciação magmática, este elemento, tal como o Ca, não se concentra nem nas fases iniciais, nem nos líquidos residuais, apresentando as litologias menos diferenciadas (máficas) teores <450mg/kg, valores semelhantes aos registados nas mais diferenciadas (félsicas) com teores <300mg/kg. Pelo contrário, este elemento concentra-se nas rochas intermédias, apresentando teores de ca. 500mg/kg ou mesmos superiores (foram registadas elevadas concentrações de Sr em anortositos - ca. 1000mg/kg) (REEDER *et al.*, 2005).

Nas rochas sedimentares, são os calcários que apresentam maiores concentrações de Sr, com teores médios de 670mg/kg (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) mas enriquecimentos com concentrações ca. 1000mg/kg são comuns em calcários e evaporitos (REEDER *et al.*, 2005). Para além dos minerais próprios de Sr, os feldspatos são os principais portadores deste elemento, pelo que litologias quartzo-feldspáticas apresentam teores ca. 600mg/kg, enquanto os argilitos e quartzitos puros revelam teores <400mg/kg e <40mg/kg, respectivamente (REEDER *et al.*, 2005).

Durante os processos de meteorização, o Sr é facilmente mobilizado, especialmente em condições ácidas oxidantes, sendo incorporado em minerais de argila e fortemente fixado pela matéria orgânica. Em solução aquosa o catião  $Sr^{2+}$  é móvel na maior parte das condições ambientais: para pH<4,5 - domina o  $Sr^{2+}$ ; para pH entre 5 e 7,5 - predomina a forma  $SrSO_4$ ; para pH>8 - predomina o  $SrCO_3$ .

O Sr é considerado um elemento não essencial mas pode substituir o  $Ca^{2+}$  nos organismos vivos causando preocupações se a forma de Sr incorporada for radiogénica como o  $^{90}Sr$  (elevada radiotoxicidade) (REEDER *et al.*, 2005).

#### Ocorrência antrópica

As entradas artificiais deste elemento incluem ([ref<sup>a</sup> net-9]; [ref<sup>a</sup> net-12]; REEDER *et al.*, 2005): resíduos industriais, especialmente das refinarias de Zn (para remoção do chumbo durante a electrólise), deposição de cinzas provenientes da queima de carvões e incineradoras. No entanto, actualmente, a maior utilização do Sr centra-se no fabrico de cristais para tubos de raios catódicos de televisores a cores. O titanato de estrôncio tem um índice de refração extremamente alto e uma

dispersão óptica maior que a do diamante, propriedades de interesse em diversas aplicações ópticas. É usado como pedra preciosa, embora seja muito macia. Outros compostos de Sr são utilizados no fabrico de cerâmica, produtos de vidro, pigmentos para pintura (cromato), lâmpadas fluorescentes (fosfato), e medicamentos (cloreto e peróxido). É usado em pirotecnia e ímans.

O isótopo radiogénico  $^{90}\text{Sr}$  (semi-vida de 29 anos) é um produto que resulta dos testes nucleares, representando um sério risco porque substitui com facilidade o cálcio dos ossos dificultando a sua eliminação, podendo causar cancro. Este isótopo é um dos mais conhecidos emissores beta de alta energia, sendo empregue em geradores nucleares auxiliares (SNAP, "Systems for Nuclear Auxiliary Power") para naves espaciais, estações meteorológicas remotas, balizas de navegação e, em geral, para aplicações que requerem uma fonte de energia eléctrica rápida e com grande autonomia.

## H) FERRO (Fe)

### Ocorrência Natural

O Fe, elemento com o número atómico 26 e peso atómico de 55,847 é o primeiro elemento do Grupo 8 da Tabela Periódica. A ocorrência natural do Fe é composta por quatro isótopos ( $^{54}\text{Fe}$  - 5,85%,  $^{56}\text{Fe}$  - 91,75%,  $^{57}\text{Fe}$  - 2,12% e  $^{58}\text{Fe}$  - 0,28%) dos quais o  $^{56}\text{Fe}$  é o mais abundante, podendo apresentar-se em quatro estados de oxidação (+2, +3, +4 e +6) [ref<sup>a</sup> net-9], embora o +2 (ião ferroso) e o +3 (ião férrico) constituam os principais estados de oxidação na natureza. É o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre (simultaneamente com o Ca) com teor médio de 4,1% (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). O comportamento deste elemento na fronteira entre litófilo e calcófilo (COX, 1995) permite-lhe formar vários minerais próprios ou estar presente como elemento acessório em muitos minerais (substituindo, por vezes, o Mg e o Al):

- Sulfuretos: pirite -  $\text{FeS}_2$ , marcassite -  $\text{FeS}_2$ , pirrotite -  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , calcopirite -  $\text{FeCuS}_2$ , arsenopirite -  $\text{FeAsS}$ , bornite -  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ;
- Óxidos e Hidróxidos: magnetite -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , hematite -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ilmenite -  $\text{FeTiO}_3$ , cromite -  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , goetite -  $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$ ; limonite -  $\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ;
- Carbonatos: siderite -  $\text{FeCO}_3$ , ankerite -  $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ ;
- Silicatos: biotite (mica) -  $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2)$ , almandina (granada) -  $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , olivina  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_4$ , clorite -  $(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$ ; anfíbolos (antofilita, cummingtonite, grunerite, actinolite, riebeckite) e piroxenas (ferrosilite, hedenbergite, aegirina).

Durante os processos magmáticos, o Fe tende a concentrar-se nas fases iniciais da cristalização fraccionada, encontrando-se os teores mais elevados associados às rochas máficas em detrimento das rochas félsicas. FERREIRA (2000) refere teores médios de rochas ultramáficas (9,43%), de gabros e basaltos (8,65%) e de granitos e granodioritos (1,42%) que revelam bem o empobrecimento deste elemento com o aumento da diferenciação magmática. No entanto, nas fases primordiais da diferenciação, acumulam-se principalmente o Mg e o Ni (raios iónicos

semelhantes:  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,78Å,  $\text{Ni}^{2+}$  - 0,78Å) (ex: olivinas magnesianas - fosterite) e só posteriormente se assiste à concentração do Fe e do Co (raios iónicos semelhantes:  $\text{Fe}^{2+}$  - 0,83Å,  $\text{Co}^{2+}$  - 0,82Å) na cristalização tardia das mesmas séries (ex: olivinas ferríferas - faialite) (GOLDSCHMIDT, 1962).

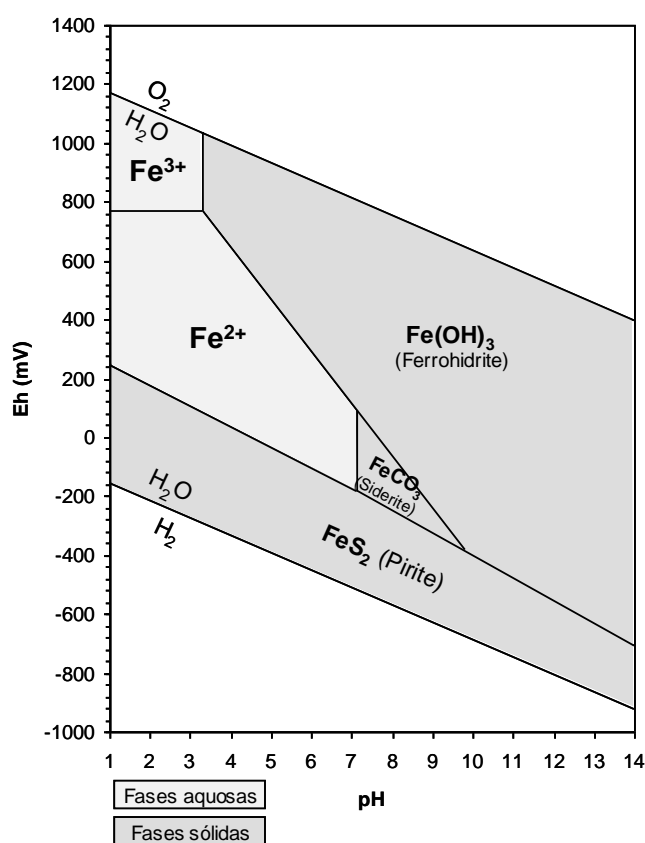
Nas rochas sedimentares, o teor deste elemento é determinado por vários factores, tais como a natureza da rocha-mãe, as condições de pH-Eh, a textura (tamanho do grão), o tipo e o grau de meteorização. Na crosta, a maior parte do Fe está sob a forma reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e a meteorização fornece este ião que rapidamente é oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$ ) no ambiente superficial. As rochas/sedimentos que contêm o ião férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) podem apresentar coloração entre amarelo, acastanhado ou avermelhado, enquanto a espécie ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ou a mistura férrica/ferrosa lhes confere cor escura ou mesmo negra. Por este facto, a presença do Fe constitui um componente importante na coloração das rochas/sedimentos, podendo inferir-se o estado de oxidação deste elemento.

Nos meios aquosos dos sistemas naturais, as variações do pH e do Eh, juntamente com a disponibilidade de enxofre e carbono, são os principais factores que controlam a solubilidade dos iões metálicos, pelo que a observação do diagrama de estabilidade pH-Eh do sistema  $\text{Fe}+\text{S}+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$  indica três fases sólidas possíveis para este elemento - o hidróxido, o sulfureto e o carbonato de Fe (**Figura A.III.1-9**).

**Figura A.III.1-9** - Campos de estabilidade de fases sólidas e espécies dissolvidas no sistema  $\text{Fe}+\text{S}+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$  a 25°C e 1 atm. de pressão em relação ao Eh e pH. Actividades: ferro dissolvido,  $10^{-4}\text{mol/l}$ ; enxofre e dióxido de carbono,  $10^{-2}\text{mol/l}$ . Os limites dos campos de estabilidade foram determinados pela Dr<sup>a</sup> M. Rosário Carvalho com o programa PHREEQC (Parkhurst, 1999) utilizando a base de dados WATEQF (2005).

A solubilidade deste elemento nos meios naturais é muito baixa em duas condições específicas de pH-Eh: a) em condições fortemente redutoras qualquer que seja o valor de pH, o Fe é estável sob a forma de sulfureto (Pirite); b) em condições oxidantes o Fe precipita, principalmente, sob a forma de hidróxido mas se no sistema existir carbono (elemento comum nos bioclastos carbonatados nos meios lagunares) vai promover a precipitação de carbonato de Fe (siderite).

BOWEN (1979, in SALOMONS & FÖRSTNER, 1984) refere teores médios para arenitos e calcários de 2,9% e 1,7%, respectivamente, enquanto WILLIAMSON (1999, in REEDER *et al.*, 2005) apresenta valores mais baixos para as mesmas litologias (arenitos - 0,98%, calcários - 0,33%) e refere, ainda, teores de 4,7% para argilitos e de 28% para a BIF ("banded iron formation"). REEDER *et al.* (2005)



referem que formações sedimentares em que os minerais de Fe dominantes sejam a siderite, ankerite ou óxidos do tipo goetite/limonite podem apresentar teores >30%.

#### Ocorrência antrópica

Este metal é utilizado pela humanidade desde tempos remotos, existindo indícios da sua utilização pelo menos há 6000 anos pelos sumérios e egípcios [ref<sup>a</sup> net-12]. Já em épocas remotas a sua utilização desempenhou papel preponderante, comprovando-se pela denominação de determinado período da civilização conhecido como “Idade do Ferro”. Actualmente, a contribuição humana no ciclo geoquímico do Fe é importante à escala global, estimando-se que o total anual de Fe explorado excede oito vezes o total transportado para os oceanos pelos processos naturais de meteorização (HUEBERS, 1991). As fontes antrópicas deste metal incluem as próprias explorações mineiras (poeiras, efluentes), a indústria do ferro e do aço, os esgotos, os fertilizantes e os herbicidas (REEDER *et al.*, 2005).

### I) ÍTRIO (Y)

#### Ocorrência Natural

O Y encontra-se a seguir ao Sc no grupo 3 da Tabela Periódica, tem número atómico 39 e massa atómica de 88,9059. Tem um único estado de oxidação (+3) e um único isótopo natural (<sup>89</sup>Y) (REEDER *et al.*, 2005).

Embora não esteja incluído nos Lantanídeos - elementos desde o <sup>58</sup>Ce ao <sup>71</sup>Lu (Elementos das Terras Raras - *Rare Earth Elements* - REE, **Figura A.III.1-2**) a geoquímica deste elemento está fortemente associada a estes pela proximidade do comportamento químico com este grupo, principalmente com os do número atómico 64 (Gd) a 71 (Lu) - Elementos das Terras Raras Pesadas (*Heavy Rare Earth Elements* - HREE) (GOLDSCHMIDT, 1962), com os quais aparece associado em minerais e rochas. Pode ocorrer juntamente com os lantanídeos em minerais como a xenotime (Y,Ln<sup>2</sup>)PO<sub>4</sub> ou nos conhecidos óxidos das REE (ex: Monazite - (Ce, La, Th, Nd, Y)PO<sub>4</sub>; Samarsquite - (Y, Ce, U, Fe)<sub>3</sub>(Nb, Ta, Ti)<sub>5</sub>O<sub>16</sub>); Euxenite - (Y, Ca, Er, La, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) ou em outros minerais como a itrialite - (Y,Th)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Como elemento acessório pode estar presente em minerais como a biotite, o feldspato, a piroxena, a granada e a apatite.

Durante a formação das rochas ígneas, os REE, apesar da sua grande similitude química, são alvo de fraccionação durante o processo de cristalização fraccionada. Este efeito vai produzir maior concentração nos líquidos residuais de *Elementos das Terras Raras Leves* - LREE (maiores raios iónicos), apresentando consequentemente as litologias ácidas (graníticas) maiores teores destes elementos. Pelo contrário, as litologias básicas concentram mais HREE (COX, 1995) aos quais se associa o Y, apresentando-se fortemente fraccionado em granadas, hornoblendas, clinopiroxenas e

---

<sup>2</sup> O símbolo Ln é utilizado como representativo da combinação dos lantanídeos.

biotites. No entanto, segundo REEDER *et al.* (2005), os teores deste elemento mostram um ligeiro aumento nos granitos (ca. 40mg/kg) relativamente às litologias intermédias (ca. 35mg/kg) e basálticas (ca. 32mg/kg).

Nas litologias sedimentares a concentração deste elemento é fortemente determinada pela presença de minerais ricos em Y. Em alguns ambientes deposicionais de baixa energia, uma parte do Y pode ocorrer associada a compostos orgânicos estáveis e a complexos carbonatados alcalinos. O mesmo autor indica que litologias como argilitos (ca. 40mg/kg) e grauvaques (ca. 30mg/kg) são tipicamente mais enriquecidas em Y que as carbonatadas (ca. 4mg/kg) e arenosas (ca. 15mg/kg).

#### Ocorrência antrópica

As fontes antrópicas deste elemento podem provir das suas várias aplicabilidades (COX, 1995; REEDER *et al.*, 2005; [ref<sup>a</sup> net-9]). O óxido de Y é um dos mais importantes compostos com maior utilização, sendo amplamente utilizado em componentes de televisões (tubagens), enquanto as variedades  $Y_3Fe_5O_{12}$  e  $Y_3Al_5O_{12}$ , pelas suas interessantes propriedades magnéticas, são aplicadas nos ecrãs. A variedade da granada ( $Y_3Fe_5O_{12}$ ), pelas suas características (elevada dureza) é utilizada como gema. O Y utilizado como aditivo pode aumentar a resistência de ligas de alumínio e magnésio ou permitir a obtenção de outras propriedades úteis em outras ligas.

Outras aplicabilidades: nos sistemas laser, como catalisador, na cerâmica, no vidro.

## J) POTÁSSIO (K)

#### Ocorrência Natural

O Potássio é um metal alcalino do grupo 1, com número atómico 19 e peso atómico de 39,0983, ocorrendo na natureza com o estado de oxidação +1. O seu isótopo  $^{39}K$  é o mais abundante (93,25%) relativamente aos  $^{40}K$  (0,05%) e  $^{41}K$  (6,7%) [ref<sup>a</sup> net-9].

Este elemento, tal como o Na, forma minerais próprios associados a depósitos evaporíticos: silvite (KCl), silvinite (mistura de KCl e NaCl), carnalite ( $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$ ) e saltpetre ( $KNO_3$ ).

Devido às suas características, o K durante a cristalização fraccionada do magma, comporta-se com elemento incompatível ficando enriquecido nos magmas e soluções residuais (GOLDSCHMIDT, 1962), pelo que as litologias máficas se encontram empobrecidas neste elemento enquanto as félsicas vão apresentar-se enriquecidas, pois é aí que predomina o feldspato potássico (ortoclase e microclina), a moscovite, a biotite e os feldspatóides (leucites e nefelina). Segundo WEDEPOHL (1978, *in* REEDER *et al.*, 2005) os basaltos apresentam teores médios <1%, enquanto os granitos revelam teores de 2 a >6%.

Nas rochas sedimentares, o teor em K depende principalmente da mineralogia do material detrítico; na fracção argilosa a ilite é o principal mineral de argila portador deste elemento. Durante os processos de meteorização dos minerais primários o potássio pode ser lixiviado e fica em solução sob a forma  $K^+$ .

Este catião, embora seja muito solúvel em todas as condições das águas naturais, a sua mobilidade fica condicionada como consequência de três processos (REEDER *et al.*, 2005): 1) facilmente incorporado nas estruturas das argilas; 2) facilmente adsorvido nas superfícies das argilas e da matéria orgânica; 3) rapidamente absorvido pelas plantas, por constituir um elemento essencial da biosfera.

#### Ocorrência antrópica

Como o K é um elemento essencial para a biosfera, este elemento é amplamente utilizado como nutriente para plantas, pelo que os fertilizantes constituem a maior fonte de K para os sistemas naturais. Aplicabilidades químicas e médicas são reconhecidas a muitos sais de K. Embora as fontes antrópicas constituam um acréscimo aos fluxos naturais dos sistemas REIMANN & CARITAT (1998, *in* REEDER *et al.*, 2005) consideram que o sinal proveniente das fontes naturais se sobrepõe claramente ao antrópico.

### **K) MAGNÉSIO (Mg)**

#### Ocorrência Natural

O Magnésio é um elemento com o número atômico 12 e peso atômico de 24,305 constituindo o segundo elemento do grupo 2 da Tabela Periódica e apresentando um estado de oxidação +2 e consistindo em três isótopos naturais:  $^{24}\text{Mg}$  (78,70%),  $^{25}\text{Mg}$  (10,13%) e  $^{26}\text{Mg}$  (11,17%) (AIKAWA, 1991).

O Mg é o sexto elemento mais abundante na crosta terrestre apresentando teores médios de 2,3%, semelhantes aos do Na e do K (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984), sendo o  $\text{Mg}^{2+}$  o segundo catião mais abundante na água do mar, a seguir ao  $\text{Na}^+$ .

O Mg pode formar uma variedade de minerais como:

- Carbonatos: magnesite -  $\text{MgCO}_3$ , dolomite -  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ;
- Óxidos: brucite -  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;
- Cloretos: carnalite -  $(\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ ;
- Sulfatos: epsomite -  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , kieserite -  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;
- Fosfatos - struvite -  $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ ;
- Silicatos: olivina (fosterite) -  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ , serpentinite -  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , asbestos -  $(\text{Ca, Mg})_2\text{SiO}_4$ , granada (piropo) -  $\text{Mg}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , piroxenas, anfíbulas, espinelas -  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , biotite -  $\text{K}(\text{Mg, Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2)$ , talco -  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , montmorilonite -  $(\text{Na,Ca})_{0.33}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , clorite -  $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$ ;

e ainda boratos, arsenatos, halogenetos, nitratos e oxalatos.

Nas rochas magmáticas, a distribuição do Mg está, na maior parte dos casos, relacionado com um outro elemento maior dos magmas - o  $\text{Fe}^{2+}$  - pois este ião apresenta um raio iónico (0,83Å) semelhante ao do  $\text{Mg}^{2+}$  (0,78Å). Nos líquidos magmáticos o Mg concentra-se nos minerais ferromagnesianos, de altas temperaturas, como as olivinas, piroxenas, espinelas e micas que se formam nas fases iniciais da cristalização fraccionada. O teor de Mg é, pois, mais elevado nas



litologias ultra-máficas atingindo teores tão elevados como 51%, em certos dunitos, enquanto nos magmas residuais (granitos) pode ter valores baixos de 0,1 a 0,3% (GOLDSCHMIDT, 1962).

Como o Mg é um componente importante em certos filossilicatos, como as clorites, montemorilonite e glauconite, as litologias sedimentares que os contenham são naturalmente mais enriquecidas neste elemento. Assim, os argilitos (1,6% Mg) e os grauvaques (1,4% Mg) apresentam teores mais elevados que os arenitos (0,7% Mg) e mesmo que os calcários (0,4%) (FERREIRA, 2000).

A maior parte dos minerais com Mg são muito susceptíveis à meteorização e como muitos dos compostos de Mg são bastante solúveis, este elemento é muito móvel na maior parte das condições ambientais. Excepção para a turmalina que é muito insolúvel e mecanicamente resistente, podendo constituir fracção importante dos minerais pesados em depósitos arenosos.

O Mg é um nutriente essencial para os organismos, principalmente nas plantas, onde tem papel preponderante na fotossíntese como constituinte da molécula da clorofila. No caso dos compostos de Mg, a sua deficiência representa um risco muito maior que a sua toxicidade (AIKAWA, 1991).

#### Ocorrência antrópica

As fontes antrópicas deste elemento incluem a sua utilização em variadas aplicações (REEDER *et al.*, 2005; [ref<sup>a</sup> net-9]; [ref<sup>a</sup> net-12]). É aplicado como fertilizante e utilizado como material refractário em fornos para a produção de ferro e aço, metais não ferrosos, cristais e cimento, bem como nas indústrias químicas e de construção. Utilizado em fotografia, pirotecnia e bombas incendiárias, bem como agente redutor na produção de urânio puro e de outros metais a partir dos seus sais. Uma vez que tem menos de 1/3 da densidade do Al, é utilizado no fabrico de ligas (resistentes e leves) essenciais na indústria da aviação e construção de mísseis. Em liga com o Al é empregue na produção de recipientes de bebidas, componentes automóveis e outras maquinarias diversas. O pó de carbonato de magnésio ( $MgCO_3$ ) é utilizado por atletas como ginastas, alpinistas e levantadores de peso para eliminação do suor das mãos. O hidróxido (“leite de magnésio”), o cloreto, o sulfato (sais Epsom) e o citrato são utilizados em medicina. Outros usos incluem a utilização deste elemento como aditivo em propelentes convencionais e na obtenção de fundição nodular (Fe-Si-Mg). Os compostos orgânicos de Mg (reagentes Grignard) são importantes, pelas suas propriedades, na indústria química para síntese orgânica.

## **L) MANGANÊS (Mn)**

#### Ocorrência Natural

O Mn, primeiro elemento do grupo 7 da Tabela Periódica, tem número atómico 25 e peso atómico de 54,9380. A ocorrência natural deste elemento é composta apenas pelo isótopo  $^{55}\text{Mn}$  [ref<sup>a</sup> net-9], sendo conhecidos estados de oxidação entre -3 e +7, embora na natureza predominem as espécies +2 e +4 (SCHIELE, 1991).

Na natureza, embora a ocorrência de Mn metálico não exista, são conhecidos mais de 100 minerais (SCHIELE, 1991) em que o Mn está presente como elemento principal ou como acessório, dos quais o mais importante é a pirolusite. Seguem-se alguns exemplos de minerais de diferentes grupos, onde se pode inserir o Mn:

- Sulfuretos: Alanbandite -  $\text{MnS}$ ;
- Óxidos e Hidróxidos: Pirolusite -  $\text{MnO}_2$ ; Pirofanite -  $\text{MnTiO}_3$ ; psilomelano [mistura de vários óxidos de Mn como: romanechite -  $\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}_8^{2+}\text{O}_{16}(\text{OH})_4$ ; manjiroite -  $(\text{Na},\text{K})\text{Mn}_8\text{O}_{16}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; criptomelano -  $\text{KMn}_8\text{O}_{16}$ ; todoroquite -  $(\text{Mn},\text{Ca},\text{Mg})\text{Mn}_3\text{O}_7\cdot\text{H}_2\text{O}$ ]; Manganite -  $\text{MnO}(\text{OH})$ ; Columbite/Tantalite (“solução sólida”) -  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6/(\text{Fe},\text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ ;
- Carbonatos: rodocrosite ( $\text{MnCO}_3$ );
- Silicatos: rodonite ( $\text{MnSiO}_3$ ); piroxmangite -  $(\text{Mn},\text{Fe})\text{SiO}_3$ ; tefroite  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ ; spessartina (granada)  $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ; Jacobsite (espinela) -  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ; Galaxite (espinela) -  $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ ;
- Tungstatos: Huebnerite -  $\text{MnWO}_4$ ; wolframite  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ .

A semelhança dos raios iônicos do  $\text{Mn}^{2+}$  (0,91Å) com o do  $\text{Mg}^{2+}$  (0,78Å), do  $\text{Ca}^{2+}$  (1,06Å) e do  $\text{Fe}^{2+}$  (0,83Å), torna possível que o primeiro substitua os outros, em minerais como apatite, volastonite, granada, magnetite, ilmenite (GOLDSCHMIDT, 1962).

Este elemento, apresenta teores médios na crosta terrestre de 950mg/kg (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984).

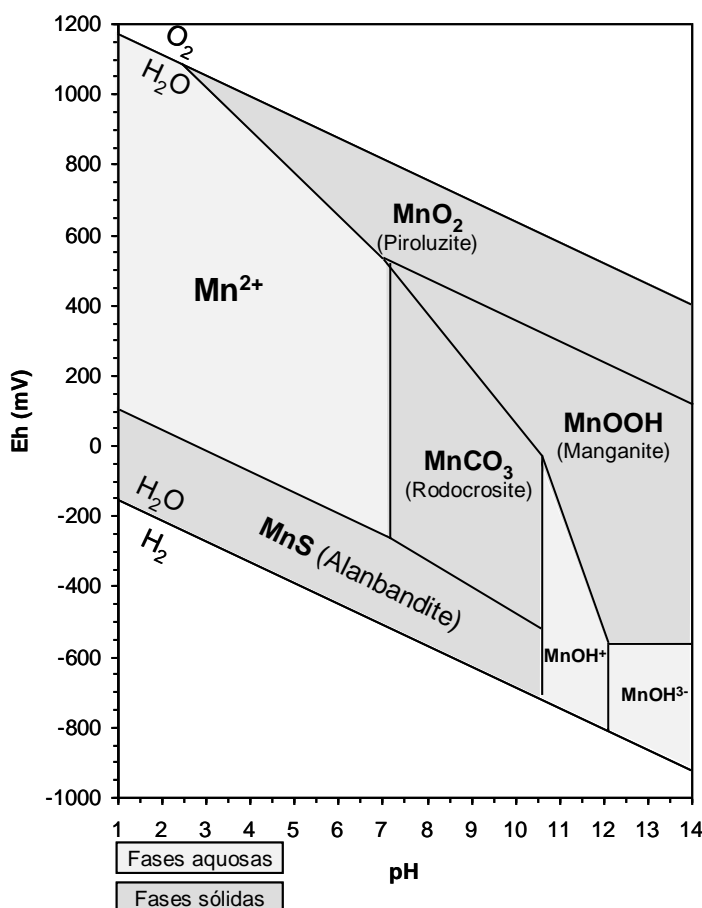
Nas rochas magmáticas prevalece o  $\text{Mn}^{2+}$  e tal como os restantes iões divalentes do grupo ferro-magnésiano (Mg, Fe, Ni, Co, Mn) este ocorre em maiores concentrações nas fases iniciais da diferenciação magmática, pelo que as litologias máficas (gabróicas e basálticas) são mais enriquecidas que as litologias félsicas (graníticas). Isto é comprovado pelos teores médios das rochas ultramáficas (1600mg/kg), basálticas (1500mg/kg), graníticas (390-540mg/kg) e sieníticas (850mg/kg) (MIELKE, 1979, *in* REEDER *et al.*, 2005).

Nas litologias sedimentares a natureza da rocha mãe controla a geoquímica destes materiais. As litologias com minerais resistentes como as areias quartzosas apresentam teores de Mn baixos a muito baixos, referindo BOWEN (1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984), teores médios de 460mg/kg, enquanto para os calcários os teores sobem para 620mg/kg, como resultado das substituições de  $\text{Ca}^{2+}$  por  $\text{Mn}^{2+}$ . Os argilitos e os grauvaques (ca. 700mg/kg) são litologias sedimentares mais enriquecidas em Mn, por conterem minerais ricos neste elemento (WEDEPOHL, 1978, *in* REEDER *et al.*, 2005).

Nos meios aquosos dos sistemas naturais as variações do pH e do Eh, juntamente com a disponibilidade de enxofre e carbono são os principais factores que controlam a solubilidade dos iões metálicos, pelo que a observação do diagrama de estabilidade pH-Eh do sistema  $\text{Mn}+\text{S}+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$  indica quatro fases sólidas possíveis - o óxido, o hidróxido, o sulfureto e o carbonato de Mn (**Figura A.III.1-10**). Este elemento apenas permanece estável como espécie iónica em condições de pH inferior a 7 e em ambiente oxidante, como  $\text{Mn}^{2+}$  ou em condições extremamente alcalinas e redutoras como hidróxido ( $\text{MnOH}^+$ ,  $\text{MnOH}^3$ ).

O Mn é um elemento essencial na nutrição de todos os organismos vivos (SCHIELE, 1991).

**Figura A.III.1-10** - Campos de estabilidade de fases sólidas e espécies dissolvidas no sistema  $Mn+S+CO_2+H_2O$  a 25°C e 1 atm. de pressão em relação ao Eh e pH. Atividades: Manganês dissolvido,  $10^{-5}$  mol/l; enxofre e dióxido carbono,  $10^{-3}$  mol/l. Os limites dos campos de estabilidade foram determinados pela Dr<sup>a</sup> M. Rosário Carvalho com o programa PHREEQC (Parkhurst, 1999) utilizando a base de dados WATEQF (2005).



#### Ocorrência antrópica

As fontes antrópicas deste metal incluem as actividades mineiras para a exploração deste recurso e posteriormente todas as actividades que utilizam este metal. Citam-se a título de exemplo, algumas aplicabilidades deste metal susceptíveis de contribuir para o aumento do teor deste metal nos sistemas naturais. Cerca de 90% da produção é empregue no fabrico de ligas metálicas com o Al, Mg e Cu.

Os compostos de Mn podem ser utilizados como aditivos na indústria alimentar, fertilizantes, fungicidas, pigmentos, secantes e agentes conservativos de madeira (SCHIELE, 1991).

O dióxido de manganês ( $MnO_2$ ), é utilizado como despolarizador em *pilhas secas*, também chamadas de pilhas tipo *Leclanché* ou de *zinco/carbono* (Zn/C). As pilhas alcalinas ou de zinco/dióxido de manganês ( $Zn/MnO_2$ ) são outra aplicação do Mn [ref<sup>a</sup> net-12].

As fontes geogénicas são, geralmente, consideradas muito mais importantes que os contributos antrópicos deste metal (YANG & SANUDO-WILHELMY, 1998, *in* REEDER *et al.*, 2005).

## M) NIÓBIO (Nb)

#### Ocorrência Natural

O Nb é o segundo elemento do grupo 5 da Tabela Periódica, tem número atómico 41 e massa atómica de 92,9064, sendo também conhecido nos EUA como columbite (REEDER *et al.*, 2005). Tem vários estados de oxidação, incluindo +2, +3, +4 e +5, sendo este último o mais comum, e um único isótopo natural ( $^{93}Nb$ ) (GOERING & FOWLER, 1991; [ref<sup>a</sup> net-9]).

A semelhança dos raios iónicos do  $Nb^{5+}$  (0,69 Å), do  $Ta^{5+}$  (0,68 Å) e do  $Ti^{4+}$  (0,64 Å) condiciona fortemente a geoquímica do Nb, coexistindo estes elementos nos mesmos minerais. O  $Nb^{5+}$  apresenta ainda semelhanças com o  $Zr^{4+}$  (GOLDSCHMIDT, 1962).

O Nióbio forma vários minerais próprios raros, existindo uma completa solução sólida entre a niobite ou columbite -  $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$  até à tantalite  $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$  passando pela situação intermédia da niobite-tantalite -  $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ ; esta estrutura pode, por vezes, incorporar pequenas quantidades de Sn e W (KLEIN & HURLBUT, 1993). O pirrocloro -  $(\text{Na,Ca})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6(\text{OH,F})$  ou alguns dos óxidos das REE (ex: Samarsquite -  $(\text{Y, Ce, U, Fe})_3(\text{Nb, Ta, Ti})_5\text{O}_{16}$ ); Euxenite -  $(\text{Y, Ca, Er, La, Ce, U, Th})(\text{Nb, Ta, Ti})_2\text{O}_6$ ) podem incorporar igualmente o Nb.

Em certos minerais de Ti observa-se uma certa proporção de Ti substituído por Nb (e Ta), sendo comum esta permuta em minerais como o rútilo, a esfena e a ilmenite (GOLDSCHMIDT, 1962). O Nb também se encontra presente em concentrações traço em minerais como a biotite, a cassiterite e o zircão, podendo neste último representar uma vasta dispersão deste elemento uma vez que o zircão se encontra usualmente bem distribuído pelas rochas ígneas (REEDER *et al.*, 2005).

Nas rochas ígneas, o comportamento geoquímico do Nb (e do Ta) acompanha, geralmente, o do Ti, do Sn e a maior parte do Zr, concentrando-se estes elementos nos últimos estágios da evolução magmática (granitos ou sienitos nefelínicos). Segundo WEDEPOHL (1978) e FYFE (1999, *in* REEDER *et al.*, 2005) diferentes litologias apresentam as seguintes concentrações médias: peridotitos - 1,5mg/kg; gabros e basaltos - 10mg/kg; granitos, granodioritos e dioritos - 22mg/kg; sienitos e rochas alcalinas - 100mg/kg.

Nas rochas sedimentares, o teor de Nb é baixo apontando WEDEPOHL (1978, *in* REEDER *et al.*, 2005) o valor de 17mg/kg para as rochas argilosas.

O Nb apresenta baixa mobilidade em todas as condições ambientais, mesmo nas mais extremas, devido à elevada estabilidade e baixa solubilidade do  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  mas a presença de alguns ácidos (cítrico, tartárico e oxálico) induzem o aumento da solubilidade por quelação (BROOKINNS, 1988, *in* REEDER *et al.*, 2005).

#### Ocorrência antrópica

O Homem recorre ao Nb para várias aplicabilidades podendo introduzir “artificialmente” este elemento nos ambientes naturais e modificar concentrações de cada ambiente. Destacam-se como aplicabilidades (KLEIN & HURLBUT, 1993; COX, 1995; REEDER *et al.*, 2005): produção de aço inoxidável e outras ligas, que pela sua elevada resistência ao calor são utilizadas na indústria do petróleo e aviação (superligas para fabrico de componentes de motores de jactos, subconjuntos de foguetes, ou seja, equipamentos que necessitem altas resistências à combustão. É igualmente utilizado no fabrico de mísseis, ferramentas de corte, tubagens, superconductores magnéticos e produção de energia nuclear. O Nb pode acumular-se nas plantas mas não é um nutriente essencial para humanos e animais (GOERING & FOWLER, 1991).

## N) NÍQUEL (Ni)

### Ocorrência Natural

O Ni, primeiro elemento do grupo 10 da Tabela Periódica, tem número atômico 28 e peso atômico de 58,70 e dos cinco isótopos naturais -  $^{58}\text{Ni}$  (68,27%),  $^{60}\text{Ni}$  (26,10%),  $^{61}\text{Ni}$  (1,13%),  $^{62}\text{Ni}$  (3,59%),  $^{64}\text{Ni}$  (0,91%) - o  $^{58}\text{Ni}$  é o mais abundante. Apresenta-se na natureza principalmente em dois estados de oxidação:  $\text{Ni}^0$  e  $\text{Ni}^{2+}$  (ADRIANO, 1986).

Embora elementos como o Ni, o Cr e o Co se encontrem enriquecidos nas rochas ultramáficas, o Cr e o Ni apresentam comportamentos geoquímicos distintos: o Cr tem propensão para ocorrências localizadas com teores muito elevados, devido à presença de cromites; o  $\text{Ni}^{2+}$  ao substituir o ião de  $\text{Mg}^{2+}$  nos minerais magnesianos, tem consequentemente uma distribuição mais uniforme nessas litologias (BROOKS, 1987, *in* McGRATH, 1997).

São cerca de 100 os minerais nos quais o Ni é um constituinte essencial, sendo a maior parte sulfuretos ou arsenatos. A pentlandite - sulfureto de ferro e níquel  $(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$  - é o principal mineral metálico, constituindo um mineral acessório comum nas rochas ígneas. Os sulfuretos com Ni na sua composição constituem os principais depósitos mineiros metálicos deste elemento, estando associados a rochas ígneas máficas e ultramáficas. Os silicatos de Ni, particularmente, a garnierite  $(\text{Ni}, \text{Mg})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  constitui outra importante fonte de Ni. Outro grupo importante que contém minerais com Ni é o formado das laterites que se formam após prolongada exposição de rochas ultramáficas aos processos de meteorização (McGRATH, 1997), das quais ficam como formas residuais altos teores de Ni (podem atingir concentrações 60 vezes superiores às registadas nas rochas parentais), de Fe e de Al e baixos de Si (ADRIANO, 1986).

As variações dos teores de Ni são enormes dependendo do tipo de material: um peridotito ou serpentinito (rochas ultramáficas) podem apresentar médias superiores a 2000mg/kg (CANNON, 1974, *in* ADRIANO, 1986) com elevados teores de Cr, Fe e Mg, enquanto um calcário ou um arenito podem revelar concentrações muito inferiores tais como 20mg/kg e 2mg/kg, respectivamente (CANNON, 1978, *in* ADRIANO, 1986). Perante esta enorme disparidade de teores, os solos apresentam concentrações extremamente variadas, sugerindo MITCHEL (1945, *in* ADRIANO, 1986) que se agrupem os solos em duas categorias consoante as litologias da rocha mãe: a) areníticas, carbonatadas ou ígneas ácidas - solos com teores <50mg/kg; b) sedimentares argilosas ou ígneas básicas - solos com teores entre 5 - >500mg/kg. Não é, pois, invulgar que solos derivados de litologias ígneas ultramáficas apresentem teores iguais ou superiores a 5000mg/kg (ADRIANO, 1986).

Pela observação da Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal proposta por FERREIRA (2000), as bacias hidrográficas das Lagoas de Melides, Santo André e Sancha inserem-se em regiões cujos sedimentos fluviais de corrente apresentam dos teores mais elevados de Portugal (**Figura A.III.1-11**).

O Ni é um elemento essencial para os microorganismos e desempenha um papel importante no metabolismo humano. Nas concentrações naturais das águas, solos e alimentos, os compostos de níquel divalente são relativamente não tóxicos para plantas, peixes, pássaros e mamíferos. No

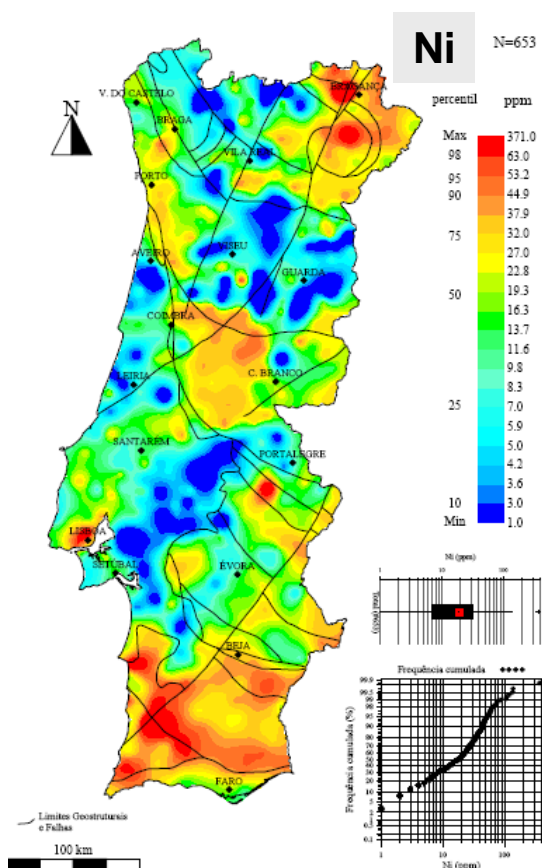
entanto, nos humanos podem registrar-se efeitos adversos quando ocorre contacto com os compostos de Ni solúveis ou insolúveis em água, quer por via da pele quer por inalação (SUNDERMAN & OSKARSSON, 1991).

**Figura A.III.1-11** - Cartografia geoquímica do teor de Ni obtido na análise da fracção <188µm de sedimentos fluviais de corrente através de ICP- AES, após ataque da amostra com aqua régia (retirado de FERREIRA, 2000).

#### Ocorrência antrópica

O Ni utilizado pelo Homem obtém-se principalmente através da exploração de recursos minerais metálicos de sulfuretos (pentlandite e pirrotite Ni-Fe) e em menor escala de óxidos (e.g. laterites) (SUNDERMAN & OSKARSSON, 1991), onde este metal se encontra concentrado, pois a crosta tem teores médios inferiores a 80mg/kg. As próprias explorações mineiras (subterrâneas ou a “céu aberto” - *open pit*), ponto inicial da extracção do metal, são responsáveis pela influência antrópica primária deste elemento nos meios naturais. Outras entradas artificiais deste metal resultam da utilização do Ni para os mais diversos fins.

Aproximadamente 65% do níquel consumido é utilizado no fabrico de aço inoxidável e os outros 12% em superligas de níquel [refª net-12]. O Ni é um constituinte de mais de 3000 ligas metálicas, como por exemplo: Ni-Cr-Fe - utensílios de cozinha e equipamento resistente à corrosão; Ni-Cu - cunhagem de moedas, processamento de alimentos, indústria química e equipamento para petróleo; Ni-Al - ímans e componentes de aviação; Ni-Cr - equipamento sujeito a temperaturas elevadas como turbinas de gás e motores a jacto; Ni-metals preciosos - joalheria; outras ligas de Ni com Zn, Mn, Co, Ti e/ou Mo são utilizadas para fins industriais. O Ni é amplamente utilizado em galvanizações (“niquelagem”), no fabrico de baterias Ni-Cd, soldaduras, pigmentos para tintas, cerâmicas, próteses cirúrgicas e dentárias, cassetes, componentes de computadores e catalisadores (SUNDERMAN & OSKARSSON, 1991). Na presença de agentes complexantes orgânicos, o Ni tem a capacidade de formar complexos de carga neutra ou negativa, tornando o metal muito móvel comparativamente com outros elementos traço. Consequentemente, as concentrações de Ni podem ser mais elevadas em águas contaminadas com esgotos ou provenientes da lixiviação de resíduos (REEDER *et al.*, 2005).



### Comportamento geoquímico (Factores que afectam a mobilidade do Ni)

Os estados de oxidação do Ni podem ir de (-1) a (+4) mas os estados de valência mais comuns são o (0) e o (II) (SUNDERMAN & OSKARSSON, 1991), sendo o último o mais estável num largo espectro de condições de pH e de Eh (McGRATH, 1997). O raio iónico do  $\text{Ni}^{2+}$  é semelhante ao do Fe, do Mg, do Cu e do Zn.

A afinidade deste elemento com os óxidos e hidróxidos de Fe e Mn constitui uma característica essencial no comportamento diagenético do Ni. As águas intersticiais de sedimentos anóxicos são empobrecidas em Ni dissolvido, em consequência da precipitação deste elemento sob a forma de sulfureto, contribuindo este processo para a imobilização do metal nos sedimentos (ELDERFIED *et al.*, 1981, *in* ALZIEU *et al.*, 1999). No entanto, nas camadas mais superficiais pode ocorrer enriquecimento do teor deste metal nas águas, pois a entrada de oxigénio através dos processos de bioturbação pode inibir a precipitação de sulfuretos, passando a constituir os sedimentos uma fonte de Ni para a coluna de água (EMERSON *et al.*, 1984, *in* ALZIEU *et al.*, 1999). Outros autores (NOLTING & HELDER, 1990, *in* ALZIEU *et al.*, 1999), sugerem, ainda, que este enriquecimento pode ser consequência da decomposição (mineralização) da matéria orgânica nos níveis superiores sujeitos a ambiente oxidante. Resumindo, o Ni pode ficar imobilizado nas camadas superficiais ligado aos óxidos de Mn e à matéria orgânica. No entanto, a degradação desta última pode conduzir à libertação de Ni do sedimento para a coluna de água. Quando se caminha, em profundidade, para níveis sucessivamente menos oxidados (subóxido) a dissolução dos óxidos inicia-se e o Ni a eles ligados fica disponível em meio aquoso, mas a passagem para meio francamente redutor dos níveis mais profundos volta a gerar condições propícias à imobilização deste metal, desta vez em forma de sulfuretos (ALZIEU *et al.*, 1999).

## **O) SILÍCIO (Si)**

### Ocorrência Natural

O Si, elemento com o número atómico 14, pertence ao grupo 14 da Tabela Periódica, com peso atómico de 28,0855. Dos três isótopos naturais deste elemento -  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$  e o  $^{30}\text{Si}$  - o primeiro é o mais abundante com 92,3%, enquanto os outros apresentam abundância mais baixa de 4,7 e 3%, respectivamente [ref<sup>a</sup> net-9]. O Si é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre com cerca de 28% (REEDER *et al.*, 2005). Este elemento tem três estados principais de oxidação (-4, +2 e +4) dos quais o +4 é o mais comum na natureza, que se liga normalmente a 4 oxigénios, formando uma unidade estrutural -  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ .

Esta unidade estrutural é a mais simples e durante as fases iniciais da cristalização fraccionada do magma origina os ortosilicatos ou nesosilicatos (ex: olivina, zircão). A fraccionação prossegue a partir desta unidade tetraédrica simples para formas cada vez mais complexas formando-se progressivamente os Sorosilicatos (ex: Epidoto), os Ciclosilicatos (ex: Berilo), os Inosilicatos de cadeia simples (ex: Piroxenas), os Inosilicatos de cadeia dupla (ex: Anfíbolos), Filosilicatos (ex: Micas) e por último as formas mais complexas de redes tridimensionais - os



Tectosilicatos (ex: Feldspatos, Feldspatóides e Quartzo). A polimerização progressiva aumenta a razão inicial de Si:O de 1:4 para 1:2. Esta cristalização fraccionada conduz a um notável aumento do teor de Si das litologias ultra-máficas para as félsicas. NICKOLDS (1954, *in* REEDER *et al.*, 2005) indica para as rochas ultra-máficas teores de Si de aproximadamente 44%, para as intermédias *ca.* 55% e para as félsicas *ca.* 69%.

O teor de Si nas rochas metamórficas é controlado pela natureza da rocha mãe, pela temperatura/pressão e pela composição/interacção com os fluidos metamórficos. Deste modo, podem considerar-se quatro grupos distintos com teores sucessivamente mais elevados de SiO<sub>2</sub>:

- Grupo 1 - teores geralmente inferiores a 45% (21% Si), ex: mármore;
- Grupo 2 - teores entre 45-50% (21-23,4% Si), ex: eclogitos e anfibolitos;
- Grupo 3 - teores entre 60-70% (28,1-32,7% Si), ex: gneisses, migmatitos e xistos;
- Grupo 4 - teores superiores a 95% (44,4% Si), ex: quartzitos.

Nas rochas sedimentares o Si encontra-se predominantemente no material detrítico proveniente da meteorização. Como os minerais mais abundantes nos depósitos sedimentares são o quartzo e o feldspato, os arenitos e os conglomerados têm entre 65 a 95% de SiO<sub>2</sub> (30,4-44,4% Si). Este elemento é o maior constituinte das rochas com excepção das rochas carbonatadas e de outras evaporíticas.

#### Ocorrência antrópica

O Si é um dos elementos mais utilizados pelo homem. Na sua forma elementar ou composta pode ser utilizado para a produção de silanos, silicones, semi-condutores, ligas metálicas, células solares, aço, manufactura de organosilícios, resinas, óleos, “chips” de silicone, etc. Na sua forma mineral tem diversas aplicabilidades, por exemplo quando se introduz areia ou argilas: na indústria da construção (tijolos, cimentos, argamassas); no fabrico do vidro, sendo o seu principal componente; no fabrico de material refractário; indústria de cerâmica, etc. (REEDER *et al.*, 2005). Embora este elemento pertença ao grupo dos elementos maiores da crosta terrestre, qualquer actividade humana que movimente componentes naturais do sistema (exemplo: dragagens de areias) e as reposicione, pode conduzir a alterações da composição dos sedimentos, mesmo nas razões dos elementos maiores.

## **P) RUBÍDIO (Rb)**

#### Ocorrência Natural

O Rb é um metal alcalino pertencente ao grupo 1 da Tabela Periódica com número atómico 37 e peso atómico de 85,4678. Tem um estado de oxidação (+1) e dois isótopos naturais - <sup>85</sup>Rb e <sup>87</sup>Rb - dos quais o primeiro é o mais abundante (72,2%). O isótopo <sup>87</sup>Rb, que constitui 27,8% do rubídio natural, é radioactivo e por decaimento origina o <sup>87</sup>Sr (período de semi-vida de 4,9x10<sup>10</sup> anos) (HAHN & WAILLING, 1938, *in* GEYH & SCHLEICHER, 1990; COX, 1995). As rochas contêm um excesso de <sup>87</sup>Sr derivado do <sup>87</sup>Rb dependendo do teor de Rb original e da sua idade, sendo esta a base da importante

técnica de datação radioisotópica - Método Rubídio/Estrôncio. Este excesso de  $^{87}\text{Sr}$ , sob a forma da razão isotópica  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , pode ainda ser utilizado em sequências holocénicas para a determinação da origem dos sedimentos (FREITAS *et al.*, 2003). Razões isotópicas mais elevadas indicam fontes continentais, enquanto razões mais baixas indicam maior influência marinha.

O Rb não forma minerais próprios mas a semelhança entre o raio iónico do Rb (1,49Å) e do K (1,33Å) permite que este elemento frequentemente substitua o K nas redes cristalinas dos minerais (GOLDSCHMIDT, 1962), inserindo-se em minerais como a moscovite, o feldspato potássico (ortoclase e microclina), a lepidolite, a carnalite e a poluncite (onde substitui o Cs). No entanto, a abundância do Rb na crosta terrestre, cerca de 78mg/kg (FYFE, 1999, *in* REEDER *et al.*, 2005) é muito inferior à do K de 2,1% (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984).

O Rb apresenta um comportamento de elemento incompatível nos magmas e líquidos residuais mais acentuado que o K, aparecendo ainda mais enriquecido nas fases finais da diferenciação magmática (GOLDSCHMIDT, 1962). MIELKE (1979, *in* REEDER *et al.*, 2005) refere teores para as seguintes litologias: 0,2mg/kg - rochas máficas; 30mg/kg - rochas basálticas; 110-170mg/kg - rochas graníticas; 100mg/kg - rochas sieníticas.

Nas rochas metamórficas, este elemento, como incompatível, é dos primeiros a serem removidos das redes cristalinas dos filossilicatos durante as fases iniciais de metamorfismo; se associarmos a este comportamento a sua elevada solubilidade nas soluções aquosas, tem como consequência o seu empobrecimento progressivo para as fácies metamórficas de elevada pressão (SIMMONS, 1999, *in* REEDER *et al.*, 2005).

O teor nas rochas sedimentares vai depender da mineralogia presente, pelo que arcoses ou arenitos feldspáticos apresentarão teores superiores (>60mg/kg) aos observados em arenitos quartzíticos (<45mg/kg) ou em dolomitos (30-60mg/kg) (REEDER *et al.*, 2005).

O  $\text{Rb}^+$  e os seus compostos apresentam uma mobilidade baixa pois são fortemente adsorvidos pelos minerais de argila, especialmente pela ilite, sendo esta retenção mais forte em condições de pH elevado e em maior proporção para o Rb em detrimento do K (REEDER *et al.*, 2005). Nestas condições os sedimentos vasosos, podem apresentar-se enriquecidos em Rb relativamente ao K.

#### Ocorrência antrópica

Actualmente a sua aplicabilidade para fins antrópicos é muito baixa (COX, 1995) e os efeitos adversos no ambiente natural são, em consequência, muito reduzidos, pelo que não se inclui no grupo dos elementos com maior preocupação ambiental.

Até 1920 a sua aplicabilidade industrial era praticamente inexistente mas actualmente é utilizado em tubos de vácuo, em fotocélulas e para fins medicinais (REEDER *et al.*, 2005), bem como no fabrico de vidros especiais, em turbinas de vapor e em geradores termoeléctricos [ref<sup>a</sup> net-9].

## Q) TITÂNIO (Ti)

### Ocorrência Natural

O Ti, primeiro elemento do grupo 4 da Tabela Periódica, tem número atômico 22 e massa atômica de 47,90, apresentando-se em cinco isótopos naturais:  $^{48}\text{Ti}$  (73,94%),  $^{46}\text{Ti}$  (7,93%),  $^{47}\text{Ti}$  (7,28%),  $^{49}\text{Ti}$  (5,51%) e  $^{50}\text{Ti}$  (5,34%) [ref<sup>a</sup> net-9]. É um elemento menor na constituição da crosta terrestre, com uma abundância de 0,6% (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Tem três estados de oxidação principais, +2, +3 e +4, dos quais o último é o mais comum (REEDER *et al.*, 2005). Este elemento forma minerais próprios sob a forma de óxidos como o Rútilo ( $\text{TiO}_2$ ), a Brokite ( $\text{TiO}_2$ ), a Anatase ( $\text{TiO}_2$ ), a ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ), Titanomagnetite, Perovskite ( $\text{CaTiO}_3$ ) ou sob a forma de silicatos como a Esfena ( $\text{CaTiSiO}_5$ ) mas também pode ocorrer como elemento acessório em minerais como anfíbulas titaníferas, biotites e granadas (Andradite) (GOLDSCHMIDT, 1962).

Nos processos magmáticos, durante a cristalização fraccionada, o Ti segue o Fe, combinando-se o  $\text{Ti}^{4+}$  com o Fe, para formar ilmenites ou, de forma simples, rútilo, anatase e brokite. Este catião pode inclusivamente substituir o  $\text{Mg}^{2+}$  e o  $\text{Fe}^{2+}$  nos silicatos, conduzindo ao enriquecimento em Ti de anfíbulas e micas. O comportamento compatível deste elemento conduz ao empobrecimento progressivo do teor de Ti durante a fraccionação. Deste modo, as litologias ultramáficas e máficas revelam os teores mais elevados (>2% e >1%  $\text{TiO}_2$ , respectivamente), enquanto as litologias félsicas exibem teores de aproximadamente 0,2%  $\text{TiO}_2$  (REEDER *et al.*, 2005).

Durante os processos de metamorfismo, o Ti é relativamente imóvel, pelo que o seu teor nas rochas metamórficas depende da mineralogia existente. O mesmo acontece para as rochas sedimentares e para os sedimentos. São referidos teores médios de Ti para arenitos de 0,4%, para calcários de 0,03%, e para sedimentos de 0,4% (BOWEN, 1979, *in* SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Em bauxites e laterites são reportados teores de 4% (MIELKE, 1979, *in* REEDER *et al.*, 2005). Os minerais de titânio são muito resistentes à meteorização pelo que permanecem praticamente inalterados e nos ambientes sedimentares pode assistir-se à formação de “placers” ricos em Ti, pela acumulação anómala de minerais pesados portadores de Ti (ilmenite, rútilo, titano-magnetite, esfena).

### Ocorrência antrópica

A inclusão artificial deste componente no ambiente pode provir dos produtos ou das actividades que utilizem o Ti. O Ti é utilizado sob três formas distintas: metal, óxido e tetracloreto. É utilizado como metal ou como liga metálica na aeronáutica, na construção de mísseis, em tubagens, em implantes e próteses cirúrgicas e para aumentar a resistência do aço. Como dióxido de titânio é empregue como pigmento (tintas, plásticos, borracha, papel, cerâmicas, fibras, cosmética, indústria alimentar). O tetracloreto é utilizado para a produção do tricloreto de titânio, aplicado como catalizador no fabrico do polietileno e de uma outra série de compostos orgânicos (WHITEHEAD, 1991).

## R) ZINCO (Zn)

### Ocorrência Natural

Primeiro elemento do grupo 12 da Tabela Periódica, o Zn tem o número atômico 30, massa atômica de 65,38, ocorrendo sob a forma de cinco isótopos naturais  $^{64}\text{Zn}$  (48,89%),  $^{66}\text{Zn}$  (27,81%),  $^{67}\text{Zn}$  (4,11%),  $^{68}\text{Zn}$  (18,56%),  $^{70}\text{Zn}$  (0,62%), dos quais o primeiro apresenta maior abundância. O estado de oxidação deste elemento, nos ambientes naturais, é exclusivamente na forma divalente ( $\text{Zn}^{2+}$ ) (ADRIANO, 1986).

Os minerais próprios mais abundantes de Zn são a esfalerite ( $\text{ZnS}$ ) e a wurtzite (polimorfo -  $\text{ZnS}$ ) mas também se apresenta em ocorrências menos abundantes em minerais como a smitsonite ( $\text{ZnCO}_3$ ), a willemite ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ), a zincite ( $\text{ZnO}$ ), a zincosite ( $\text{ZnSO}_4$ ), a franquelite ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) e a hopeite ( $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )

A ocorrência de Zn nas rochas de origem magmática segue o comportamento do Fe nos óxidos e do Mg e do Fe nos silicatos ferromagnesianos (GOLDSCHIMDT, 1962). De facto, a maior parte do Zn encontra-se distribuída, em concentrações variadas, como constituinte menor de certos minerais, especialmente os enriquecidos em Fe, como magnetites, ilmenites, olivinas, piroxenas, anfíbulas, espinelas, granadas, estauroilites e biotites (**Tabela A.III.1-13**) (ADRIANO, 1986), embora os teores possam por vezes ser muito variados sendo determinados pelas características físico-químicas da fonte (magma, lava, solução aquosa), entre outros (FÖRSTENER & WITTMANN, 1981). Este elemento também se encontra presente nos minerais comuns de argila como nas moscovites, ilites, clorites, montemorilonites e caulinites (**Tabela A.III.1-13**). A ocorrência de minerais próprios de Zn, menos comum, está associada a depósitos metassomáticos e hidrotermais onde o Zn ocorre, principalmente, sob a forma de sulfuretos (esfalerite -  $\text{ZnS}$ ) muitas vezes associado a sulfuretos de chumbo (galena -  $\text{PbS}$ ). O Zn pode ainda ocorrer como acessório em sulfuretos de outros metais, ou como silicato. Os produtos de oxidação formados a partir dos sulfuretos deste elemento são, principalmente, sulfatos, carbonatos, hidrossilicatos, fosfatos, arsenatos e vanadatos (GOLDSCHIMDT, 1962). MIELKE (1979, *in* REEDER *et al.*, 2005) refere teores médios de Zn para a crosta de 76mg/kg e para vários tipos de rochas ígneas: ultramáficas - 50mg/kg; basálticas - 105mg/kg; graníticas - 39-60mg/kg; sieníticas - 130mg/kg.

Nas rochas sedimentares a distribuição do teor de Zn é principalmente controlada pela abundância de silicatos ferromagnesianos, óxidos e minerais de argila (WEDEPOHL, 1978, *in* REEDER *et al.*, 2005). O mesmo autor refere teores para distintas litologias sedimentares: carbonatadas - ca. 50mg/kg, arenosas quartzo-feldspáticas - 30-50mg/kg geralmente menos enriquecidas quando comparadas com grauvaques - 70-100mg/kg e argilitos - 50-90mg/kg.

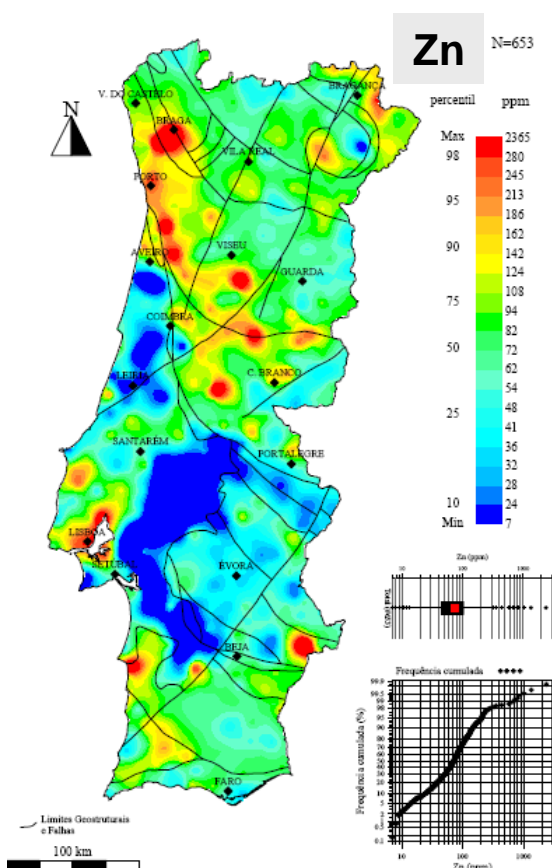
Pela observação da Cartografia Regional da Geoquímica de Portugal proposta por Ferreira (2000), as lagunas em estudo inserem-se em regiões cujos sedimentos fluviais de corrente apresentam teores inferiores a 70mg/kg (**Tabela A.III.1-12**).

O Zn tem papel importante como elemento traço para todos os sistemas vivos, desde as bactérias aos humanos. A toxicidade deste elemento e da maior parte dos seus compostos é,

geralmente, baixa, e com algumas excepções (de menor importância) pode ser comparável com a insuficiência deste elemento nas plantas, animais e homem (OHNESORGE & WILHELM, 1991).

**Tabela A.III.1-13 - Concentrações de Cu, Pb e Zn em diferentes minerais máficos e félsicos (dados de: WEDEPOHL, 1972, 1974, in FÖRSTENER & WITTMANN, 1981; (\*) ADRIANO, 1986).**

Minerais	Cobre		Chumbo		Zinco			
	Intervalo	Média	Intervalo	Média	Intervalo	Média	Minerais (*)	Intervalo (*)
Olivina	6-960	115	0,2-7,2	2	50-82	63	Olivina	50-82
Piroxena	4-1000	120	0,3-20	6	16-200	97	Piroxena	<30-2250
Anfibola	1-300	78	1-70	11	34-690	196	Anfibola	34-8900
Biotite	1-480	86	7-95	21	34-4000	527	Biotite	40-2540
Muscovite	5-152	36	6-70	20	24-200	59	Muscovite	2-200
Plagioclase	8-700	62	1-70	20	1-50	17	Magnetite	<25-2500
Feldspato alcalino	1-20	4	2-700	53	10-24	15	Granada	<30-5275
Quartzo	-	2	0,1-3	1	4-11	7	Estaurolite	2000-6000
							Ilite	200
							Clorite	33-1600
							Montemorilonite	73-156
							Caulinite	14-264



**Figura A.III.1-12 - Cartografia geoquímica do teor de Zn obtido na análise da fracção <188µm de sedimentos fluviais de corrente através de ICP- AES, após ataque da amostra com aqua régia (retirado de FERREIRA, 2000).**

#### Ocorrência antrópica

O Zn tem sido utilizado, indiscriminadamente, na produção de latão desde o século IV d.C. (OHNESORGE & WILHELM, 1991). A maior parte do Zn utilizado pelo homem provém da exploração de recursos metálicos ricos em sulfuretos com Zn, cujos principais minérios com importância comercial são os sulfuretos (esfalerite e wurtzite) e os seus produtos de alteração. Deste modo, a actividade mineira e de fundição constituem fontes de Zn no ambiente. A primeira, através da dispersão de resíduos (a partir das escombrelas) ou de água (drenagem mineira), enquanto na segunda a maior preocupação se relaciona com a dispersão atmosférica de metais e outros contaminantes (ADRIANO, 1986).

Actualmente, o Zn encontra-se entre os quatro metais com maior consumo anual depois do Fe, do Al e do Cu, constituindo a indústria automóvel um dos principais utilizadores deste metal.

Este elemento é amplamente utilizado no revestimento anti-corrosão - zincagem (galvanização com Zn) - sobre vários metais e em diversas ligas metálicas (ex: latão e bronze). Os metais galvanizados têm aplicabilidade muito variada como por exemplo: na indústria da construção, dos transportes ou nas tubagens das redes de distribuição doméstica de água. Nesta última aplicação, julga-se que a ocorrência de alguma solubilização do metal pode constituir fonte de enriquecimento dos teores de Zn nas águas residuais. Outras aplicabilidades do Zn que podem constituir fontes de enriquecimento antrópico: utensílios, cosméticos, anticépticos, adstringentes, tintas, vernizes, linóleo, borracha, vidro, ecrãs de televisão, baterias, aparelhos eléctricos, produtos para conservação de madeiras e endurecedores para cimento. Na agricultura, a aplicação de fertilizantes com Zn na composição, é a maior fonte deste elemento, sendo aplicado nos solos sob forma orgânica e inorgânica. A adição aos solos de estrumes de animais (bovinos, suínos, ovinos, caprinos, avícolas) e de lamas de ETAR (enriquecidas em Zn) constituem igualmente influências antrópicas nos sistemas naturais. A aplicação de pesticidas com Zn, como certos tipos de insecticidas e fungicidas, são fontes adicionais de entrada nos solos.

#### Comportamento geoquímico (Factores que afectam a mobilidade do Zn)

O estado de oxidação do Zn, no ambiente natural, é exclusivamente II ( $\text{Zn}^{2+}$ ) (ADRIANO, 1986). Devido às suas propriedades anfotéricas, o Zn em meio aquoso forma uma variedade de sais como o clorato de Zn [ $\text{Zn}(\text{ClO}_3)_2$ ], cloreto de Zn ( $\text{ZnCl}_2$ ), sulfato de Zn ( $\text{ZnSO}_4$ ) e o nitrato de Zn ( $[\text{Zn}(\text{NO}_3)_2]$ ), facilmente solúveis em água. Pelo contrário, o óxido, o carbonato, os fosfatos, os silicatos, os sulfuretos e os complexos orgânicos são praticamente insolúveis em água (WEAST, 1986, *in* OHNESORGE & WILHELM, 1991).

Nos meios aquosos dos sistemas naturais o tipo de produto de precipitação pode ser inferido a partir da análise dos diagramas de estabilidade Eh-pH. Nestes meios podem considerar-se como principais elementos que controlam a solubilidade dos iões metálicos o enxofre e o carbono, pelo que a análise do diagrama do sistema  $\text{Zn}+\text{S}+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$  revela três fases sólidas possíveis (**Figura A.III.1-13**) - o sulfureto, o carbonato e o hidróxido de Zn, dependendo das condições do meio: águas em ambiente oxidante o carbonato de Zn é a forma mais estável se o pH desce para valores inferiores a 8,3 enquanto para valores superiores a precipitação de hidróxido de Zn ocorre.

Os diagramas de pH-Eh para a maior parte dos metais pesados são comparáveis com o do Zn. Em ambiente oxidante (valores positivos de Eh), os catiões metálicos ( $\text{M}^{2+}$ ) são estáveis para valores inferiores a 7-8, mas com o aumento do pH, inicia-se a precipitação de carbonato e posteriormente o hidróxido transforma-se na fase sólida mais estável. Em condições redutoras (valores baixos/negativos do potencial redox) o sulfureto é a fase sólida mais estável numa vasta gama de pH (FÖRSTENER & WITTMANN, 1981). Deste modo, o Zinco é mais móvel quando se encontra sob a forma catiónica  $\text{Zn}^{2+}$ , isto é, em condições de ambiente ácido e oxidante este elemento encontra-se em solução e pode ser exportado.

**Figura A.III.1-13** - Campos de estabilidade de fases sólidas e espécies dissolvidas no sistema  $\text{Zn}+\text{S}+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$  a  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm. de pressão em relação ao Eh e pH. Atividades: zinco dissolvido,  $10^{-5}\text{mol/l}$ ; enxofre e dióxido carbono,  $10^{-3}\text{mol/l}$ . Os limites dos campos de estabilidade foram determinados pela Dr<sup>a</sup> M. Rosário Carvalho com o programa PHREEQC (Parkhurst, 1999) utilizando a base de dados WATEQF (2005).

## S) ZIRCÓNIO (Zr)

### Ocorrência Natural

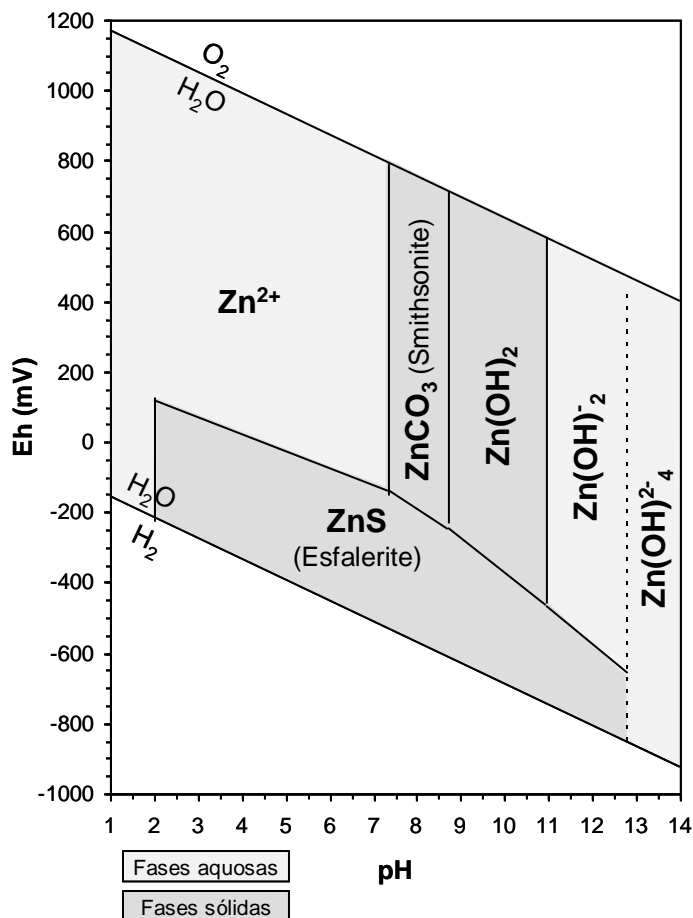
O Zr, elemento com o número atômico 40 e massa atômica de 91,22, é o segundo elemento do grupo 4 da Tabela Periódica, a seguir ao Ti, com três estados de oxidação possíveis, +2, +3 e +4, dos quais o último é o mais estável e abundante (SCHALLER, 1991). Tem cinco isótopos naturais:  $^{90}\text{Zr}$  (51,46%),  $^{91}\text{Zr}$  (11,23%),  $^{92}\text{Zr}$  (17,11%),  $^{94}\text{Zr}$  (17,40%) e  $^{96}\text{Zr}$  (2,80%) [ref<sup>a</sup> net-9].

A geoquímica do Zr está fortemente ligada ao Hf, pelo facto destes dois elementos, de comportamento químico semelhante (raios atômicos idênticos:  $\text{Zr}^{4+}$  - 1,59Å e  $\text{Hf}^{4+}$  - 1,60Å), se encontrarem invariavelmente associados aos mesmos minerais e rochas. O Zr forma minerais próprios como o zircão ( $\text{Zr, HfSiO}_4$ ), badeleíte ( $\text{ZrO}_2$ ) (GOLDSCHMIDT, 1962).

Durante os processos magmáticos, o Zr comporta-se como elemento incompatível, concentrando-se nos líquidos e magmas residuais, principalmente naqueles que se caracterizam por elevadas concentrações de minerais alcalinos, como os feldspatos ou feldspatóides alcalinos (e.g. nefelina). MIELKE (1979, *in* REEDER *et al.*, 2005) refere teores progressivamente crescentes para as seguintes litologias: 45mg/kg - ultra-máficas; 140mg/kg - basálticas; 140-175mg/kg - graníticas; 500mg/kg - sieníticas.

Nos processos metamórficos é referida a grande estabilidade e relativa insolubilidade do zircão (GOLDSCHMIDT, 1962), mineral mais comum de Zr, pelo que os teores encontrados nas rochas metamórficas dependem da natureza da rocha-mãe.

Nos processos sedimentares a relativa insolubilidade do zircão confere a este mineral forte resistência à alteração química, inserindo-se num grupo de minerais que persiste mesmo após longo transporte. Este mineral tem tendência a concentrar-se, juntamente com outros minerais pesados (rútilo, esfena, magnetite, ilmenite, etc.), formando depósitos do tipo “placer”. Os teores de Zr nas rochas sedimentares e nos sedimentos são condicionados principalmente pela abundância do





mineral de Zr mais comum (Zircão). As concentrações podem oscilar entre 160-220mg/kg em arenitos, 100-300mg/kg em argilitos e entre 20-130mg/kg em calcários (REEDER *et al.*, 2005).

O Zr apresenta baixa mobilidade na maior parte das condições ambientais, como consequência da grande estabilidade do principal mineral hospedeiro de Zr (Zircão), sendo factor limitante das concentrações registadas nas águas fluviais e marinhas, que apresentam teores extremamente baixos (COX, 1995), dependendo o tipo das espécies iónicas em solução do pH (REEDER *et al.*, 2005).

#### Ocorrência antrópica

O Zr, puro e metálico, é muito resistente ao calor e à corrosão, propriedades igualmente transferidas para as ligas metálicas quando da sua incorporação, pelo que estas duas formas são utilizadas na indústria da aviação, da aeronáutica, química e cirúrgica. Tem ampla aplicação na indústria nuclear pela elevada capacidade de rejeitar electrões, protegendo os componentes do calor das águas quentes do reactor. As centrais de produção de energia nuclear consomem mais de 90% da produção de Zr metálico (SCHLLER, 1991; REEDER *et al.*, 2005).

Os compostos de Zr são utilizados para impermeabilização de têxteis, em tintas e pigmentos na curtição de peles e na indústria vidreira e cerâmica. O Zircão, devido à sua elevada dureza (7,5), é ainda utilizado como abrasivo. Outras aplicações são conhecidas no campo da cosmética: cremes, pós e antitranspirantes (SCHALLER, 1991).

## III.2 LAGOA DE MELIDES

### III.2.1 SUPERFICIAIS

**Tabela A. III.2-1 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos superficiais recolhidos a 26 de Junho de 2003 (campanha H), na laguna e ribeira de Melides.**

Ref <sup>a</sup> Amostra	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr	ppm Mn	% Fe	ppm Ni	ppm Cu	ppm Zn	ppm Br	ppm Rb	ppm Sr	ppm Y	ppm Zr	ppm Nb	ppm Pb
MBH	0,3	1,4	45,7	0,2	0,07	0,9	0,3	0,02	<12,5	<10	0,1	<5	<5	12	<5	49	37	<5	30	<5	36
M2H	0,3	1,5	44,6	0,2	0,19	1,1	0,9	0,05	<12,5	22	0,1	<5	10	16	<5	65	68	<5	48	<5	<13
M3H	1,0	6,6	30,6	1,4	0,73	1,8	0,5	0,37	42	346	2,9	31	23	102	40	126	93	21	133	<5	60
M5H	0,9	6,8	25,1	2,3	1,52	1,7	1,6	0,44	67	606	4,3	33	31	138	94	120	138	19	149	19	77
M6H	1,0	6,6	24,5	2,3	1,28	1,7	3,5	0,40	74	579	4,1	22	29	126	75	115	174	16	127	14	78
M7H	1,0	7,1	24,7	2,8	1,38	1,8	1,7	0,40	69	558	4,9	31	29	135	103	129	142	20	124	11	90
M8H	1,0	7,9	28,4	2,2	0,95	1,9	0,2	0,42	42	641	4,5	33	30	149	60	133	82	26	129	15	80
M9H	0,7	4,9	31,5	1,8	1,13	1,4	0,2	0,26	70	241	2,7	23	21	89	70	97	81	15	109	<5	49
M10H	0,5	3,4	35,6	0,5	<0,025	1,2	0,2	0,15	32	169	1,3	11	15	44	<5	79	51	12	68	<5	64
M11H	0,7	5,3	32,0	0,8	0,82	1,5	0,3	0,33	62	336	2,5	26	22	93	32	99	88	18	158	13	52
M12H	0,9	6,6	23,6	2,9	2,29	1,7	0,3	0,36	47	441	5,1	30	30	128	157	124	99	28	113	15	69
Rib <sup>a</sup> Melides	0,5	2,1	41,7	0,1	<0,025	0,7	1,1	0,15	30	215	<5	<5	18	40	<5	40	34	<5	51	12	104

### III.2.2 SONDAGENS “CURTAS”

**Tabela A.III.2-2 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “curta” - LM6 - efectuada na laguna de Melides no dia 26 de Junho de 2003.**

Ref <sup>a</sup> Amostra	Profundidade média (cm)	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr	ppm Mn	% Fe	ppm Ni	ppm Cu	ppm Zn	ppm Br	ppm Rb	ppm Sr	ppm Y	ppm Zr	ppm Nb	ppm Pb
0,0-2,5	1,25	1,1	7,0	25,4	2,51	1,08	1,79	2,31	0,44	60	618	4,7	34	31	138	77	113	139	19	130	17	65
5,0-6,0	5,5	1,2	8,3	27,7	1,76	0,68	2,09	1,22	0,50	45	562	4,4	41	35	155	48	143	130	25	150	16	73
8,0-9,5	8,75	1,1	8,7	28,9	1,59	0,55	2,13	0,79	0,54	77	525	4,4	39	35	163	40	143	106	30	150	17	70
9,5-11,0	10,25	1,1	8,5	28,7	1,49	0,50	2,09	0,78	0,55	66	525	4,2	44	33	165	35	149	109	30	157	15	92
13,0-14,5	13,5	1,1	8,5	29,0	1,54	0,51	2,18	0,65	0,54	82	476	4,3	41	34	157	32	146	105	32	158	23	79
17,0-18,5	17,75	1,2	8,7	28,7	1,58	0,50	2,13	0,64	0,54	86	483	4,4	42	30	164	35	148	102	24	153	15	80
21,0-22,5	21,75	1,2	8,8	28,7	1,61	0,50	2,15	0,48	0,53	77	560	4,5	42	31	161	36	160	98	30	152	13	54
26,0-27,5	26,75	1,1	8,4	28,0	1,72	0,63	2,12	1,34	0,50	41	653	4,4	40	33	160	45	140	118	26	146	16	74
30,0-31,5	30,75	1,2	8,2	27,6	2,26	0,79	2,05	0,42	0,45	74	744	4,8	40	34	170	62	145	96	25	137	14	52
33-34,5	33,75	1,2	8,1	27,3	2,43	0,78	2,00	0,28	0,46	60	710	4,9	25	29	160	66	147	90	24	148	16	87
37,0-38,5	37,75	1,1	8,0	27,5	2,35	0,62	1,99	0,17	0,47	55	688	4,7	39	28	151	58	142	91	27	148	17	61
41-42,5	41,75	1,0	7,9	27,2	2,16	0,57	1,97	0,17	0,51	50	617	4,5	39	31	152	48	134	88	26	160	13	74
46,0-47,5	46,75	0,9	7,7	28,6	1,82	0,38	1,85	0,17	0,58	76	580	3,9	39	34	146	37	131	111	26	189	22	78
54,0-55,0	54,5	1,1	8,1	27,1	2,05	0,83	2,08	0,74	0,46	93	757	4,7	37	30	158	59	140	105	27	139	14	79
60,0-61,0	60,5	1,1	8,4	27,9	1,92	0,86	2,08	0,64	0,48	70	705	4,4	39	31	165	53	145	107	22	134	14	84
77,0-78,0	77,5	1,2	8,6	28,2	1,86	0,64	2,06	0,40	0,50	74	541	4,4	42	31	168	42	150	103	25	147	17	100

## III.2.3 SONDAGENS “LONGAS”

**Tabela A.III.2-3 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - MB - efectuada na laguna de Melides.**

Cota Absoluta (m) (NMM)	Prof. (m)	Unidades	Prof. (m)	Prof. média (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr
1,16	1,7	IV C	0,40-0,42	0,41	2,45	0,02	0,96	43,9	<0,005	0,01	0,95	0,36	0,01	147
			0,90-0,92	0,91	1,95	0,02	0,84	44,7	0,01	0,01	0,93	0,13	0,01	16
-2,60	5,44	IV B	2,57-2,58	2,575	0,285	0,5	4,15	28,8	2,19	0,76	1,39	0,36	0,1	54
			3,30-3,32	3,81	-0,95	0,05	1,07	42,4	0,25	0,07	0,82	0,81	0,05	8
		IV A	4,40-4,42	4,41	-1,55	0,06	1,1	42,4	0,19	0,07	0,87	1,23	0,03	6
			5,70-5,72	5,71	-2,85	0,01	0,7	44,5	0,02	0,03	0,76	0,04	0,01	<2,5
-13,40	16,2	IV	7,84-7,85	7,845	-5,045	0,01	0,71	45,3	0,03	0,02	0,71	0,14	0,01	<2,5
			9,84-9,85	9,845	-7,045	0,02	0,62	44,9	0,03	0,04	0,62	0,09	0,01	<2,5
			10,42-10,43	11,425	-8,625	0,02	0,75	44,6	0,04	0,02	0,8	0,16	0,01	<2,5
			13,42-13,43	13,425	-10,625	0,01	0,75	45	0,05	0,03	0,79	0,18	<0,005	<2,5
			15,60-15,61	15,605	-12,805	0,01	0,77	44,6	0,06	0,02	0,78	0,2	<0,005	8
			16,92-16,93	16,925	-14,125	0,03	1,38	42,1	0,05	0,14	1,45	1,27	0,03	0
-15,96	18,76	III B	18,60-18,63	18,615	-15,815	0,09	1,8	41,7	0,12	0,15	1,73	0,79	0,06	7
			18,83-18,84	18,835	-16,035	0,75	7,81	23,5	2,3	0,8	2,09	0,54	0,15	61
-20,75	23,55	III A	19,23-19,24	19,235	-16,435	0,66	4,29	16,9	2,83	1,17	1,44	5,69	0,1	38
			19,71-19,72	19,715	-16,915	0,4	4,96	30,6	1,48	0,49	2,3	3,76	0,15	39
			20,10-20,11	20,105	-17,305	0,18	2,9	35,8	0,54	0,28	2,37	2,93	0,09	17
			21,06-21,07	21,065	-18,265	0,34	4,38	35,1	1,08	0,2	2	2,39	0,2	34
			21,42-21,43	21,425	-18,625	0,1	1,63	33,3	0,21	0,07	1,22	7,95	0,06	10
			21,66-21,67	21,665	-18,865	0,81	8,98	26,5	2,19	0,2	2,3	0,78	0,34	75
			22,17-22,18	22,175	-19,375	0,39	4,77	32,3	1,29	0,18	1,96	2,92	0,17	37
			23,00-23,01	23,015	-20,215	0,12	1,84	31,1	0,38	0,09	1,27	8,57	0,06	13
			23,41-23,42	23,415	-20,615	0,33	4,04	33,1	1,08	0,15	2,04	4,2	0,16	39
			23,65-23,66	23,655	-20,855	0,11	1,62	42,4	0,67	0,05	1,06	0,15	0,05	15
-27,10	29,90	II	25,10-25,11	25,105	-22,305	0,02	0,5	44,8	0,05	0,02	0,46	0,19	0,01	<2,5
			26,06-26,08	26,07	-23,27	0,04	0,83	44	0,29	0,02	0,64	0,06	0,03	6
			26,62-26,63	26,625	-23,825	0,38	4,15	36,5	1,39	0,06	1,63	0,18	0,17	45
			27,06-27,07	27,065	-24,265	0,07	0,9	44,6	0,09	0,02	0,53	0,11	0,04	12
			27,52-27,53	27,525	-24,725	0,39	5,17	36,8	0,35	0,02	1,93	0,2	0,23	54
			28,69-28,70	28,695	-25,895	0,33	4,58	38	0,33	0,01	1,95	0,16	0,22	48
-37,05	39,85	I	29,99-30,00	29,995	-27,195	0,14	2,27	41,3	0,17	0,02	1,45	0,08	0,1	19
			31,91-31,935	31,923	-29,123	0,25	3,6	39,3	0,54	0,02	1,85	0,13	0,16	35
			31,96-31,98	31,97	-29,17	0,08	1,58	42,9	0,06	0,04	1,29	0,04	0,04	13
		Plio-Plistocénico	33,00-33,45	33,225	-30,425	0,084	1,5	43,8	0,11	0,02	1,1	0,07	0,05	15

**Tabela A.III.2-3 (continuação) - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - MB - efectuada na laguna de Melides.**

Cota Absoluta (m) (NMM)	Prof. (m)	Unidades	Prof. (m)	Prof. média (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
						Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	As	Co	Pb		
1,16	1,7	IV	IV C	0,40-0,42	0,41	2,45	59	0,62	36	5	4	1	39	27	<1	7	3	7	
				0,90-0,92	0,91	1,95	37	0,35	22	9	3	1	38	19	<1	9	1	6	
-2,60	5,44		IV B	2,57-2,58	2,575	0,285	265	3,17	27	19	83	114	108	55	8	11	12	40	
				3,30-3,32	3,81	-0,95	80	0,47	3	7	10	6	35	45	<1	7	2	8	
			IV A	4,40-4,42	4,41	-1,55	53	0,45	3	3	9	8	42	67	<1	4	2	8	
				5,70-5,72	5,71	-2,85	32	0,37	3	15	4	1	34	15	<1	5	<0,5	6	
7,84-7,85	7,845			-5,045	30	0,31	1	3	5	1	22	17	<1	2	1	5			
9,84-9,85	9,845			-7,045	30	0,29	2	6	4	2	23	14	<1	2	<0,5	0			
10,42-10,43	11,425			-8,625	24	0,29	1	2	2	1	34	17	<1	1	<0,5	5			
13,42-13,43	13,425			-10,625	25	0,33	2	6	2	1	38	21	<1	3	<0,5	5			
-13,40	16,2		III	III B	15,60-15,61	15,605	-12,805	53	0,63	6	7	2	1	24	20	<1	2	1	5
16,92-16,93	16,925				-14,125	29	0,35	1	5	5	5	57	74	<1	1	0	11		
18,60-18,63	18,615	-15,815			60	0,47	2	4	8	6	67	62	3	2	1	14			
18,83-18,84	18,835	-16,035			204	3,46	30	21	92	100	154	87	16	14	11	48			
19,23-19,24	19,235	-16,435			288	2,94	22	16	55	180	83	213	9	10	9	26			
19,71-19,72	19,715	-16,915			120	1,91	15	11	39	40	114	239	10	12	5	29			
-20,75	23,55	III A		20,10-20,11	20,105	-17,305	68	0,89	6	4	21	21	95	165	6	6	2	23	
				21,06-21,07	21,065	-18,265	129	1,57	14	10	40	16	79	154	8	9	4	26	
				21,42-21,43	21,425	-18,625	34	0,5	3	3	12	8	43	384	2	3	2	11	
				21,66-21,67	21,665	-18,865	511	3,58	39	32	138	10	117	107	20	16	16	80	
				22,17-22,18	22,175	-19,375	146	1,94	16	11	47	21	116	179	8	10	5	29	
				23,00-23,01	23,015	-20,215	30	0,69	5	4	16	7	34	429	4	4	2	12	
			23,41-23,42	23,415	-20,615	132	1,67	13	7	40	14	95	229	7	10	5	26		
			II	23,65-23,66	23,655	-20,855	68	0,93	7	5	20	2	48	30	3	4	3	12	
				25,10-25,11	25,105	-22,305	20	0,29	1	2	2	1	19	15	<1	3	1	0	
				26,06-26,08	26,07	-23,27	43	0,47	3	4	7	2	33	15	<1	2	1	6	
26,62-26,63	26,625	-23,825		163	1,99	17	9	61	16	84	53	8	12	6	33				
-27,10	29,90	II	27,06-27,07	27,065	-24,265	39	0,49	3	2	10	1	32	16	2	2	2	6		
			27,52-27,53	27,525	-24,725	103	1,33	21	13	71	3	110	67	11	4	10	43		
			28,69-28,70	28,695	-25,895	109	1,2	17	9	56	0	104	82	9	2	8	36		
			I	29,99-30,00	29,995	-27,195	72	0,65	7	7	26	1	63	45	4	4	4	19	
31,91-31,935	31,923	-29,123		83	1,12	15	6	57	3	93	69	7	7	7	30				
31,96-31,98	31,97	-29,17		43	0,64	5	2	12	1	65	27	2	3	2	15				
-37,05	39,85	Plio-Plistocénico	33,00-33,45	33,225	-30,425	45	0,52	5	5	15	1	54	27	3	3	3	12		

**Tabela A.III.2-3 (continuação) - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - MB - efectuada na laguna de Melides.**

Cota Absoluta (m) (NMM)	Prof. (m)	Unidades	Prof. (m)	Prof. média (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm			
						I	V	P	Ba	Cs	Mo	Na	Sb	Sc	Th	U			
1,16	1,7	IV	IV C	0,40-0,42	0,41	2,45	0	4	0,012	160	0	5	0,14	0,4	0,4	1,3	0,6		
				0,90-0,92	0,91	1,95	0	3	0,009	140	1	2	0,14	0,5	0,3	1,4	0,6		
-2,60	5,44		IV B	2,57-2,58	2,575	0,285	0	58	0,024	320	9	3	0,67	0,9	8,6	5,6	2,5		
				3,30-3,32	3,81	-0,95	1	7	0,01	130	2	2	0,17	0,3	0,9	2	1,1		
			IV A	4,40-4,42	4,41	-1,55	1,7	7	0,009	130	2	3	0,19	0,4	0,9	2,2	0,7		
				5,70-5,72	5,71	-2,85	0	3	0,006	120	<0,5	1	0,14	0,3	0,3	1,4	0,6		
7,84-7,85	7,845			-5,045	0,6	3	0,007	110	<0,5	3	0,14	0,2	0,2	1,2	0,5				
9,84-9,85	9,845			-7,045	0	3	0,007	93	<0,5	2	0,13	0,2	0,2	1,4	0				
10,42-10,43	11,425			-8,625	2	3	0,008	120	<0,5	0	0,14	0,2	0,2	1,2	0,7				
13,42-13,43	13,425			-10,625	0	3	0,007	130	<0,5	3	0,16	0,2	0,2	1,3	0,6				
-13,40	16,2		III	III B	15,60-15,61	15,605	-12,805	0	1	0,007	120	<0,5	2	0,15	0,3	0,2	1,3	0,7	
					16,92-16,93	16,925	-14,125	2,4	2	0,019	180	2	<0,5	0,25	0,3	0,4	1,8	0,5	
-15,96	18,76	III A		18,60-18,63	18,615	-15,815	0	7	0,025	190	3	2	0,25	0,3	0,9	2,4	1		
				18,83-18,84	18,835	-16,035	4	95	0,045	400	17,0	7,0	0,85	1,1	11,6	8,3	3		
		19,23-19,24		19,235	-16,435	1,2	62	0,055	250	9,0	13,0	0,95	0,6	7,1	5,8	4,5			
		19,71-19,72		19,715	-16,915	2,7	53	0,068	350	8,0	8,0	0,74	0,9	5,4	6,9	4,4			
		20,10-20,11		20,105	-17,305	0	20	0,048	290	5,0	3,0	0,49	0,6	2,3	4,6	1,7			
		21,06-21,07		21,065	-18,265	1,1	47	0,048	250	5,0	4,0	0,66	0,7	5,6	7	3,2			
		21,42-21,43		21,425	-18,625	0	12	0,028	150	2,0	2,0	0,33	0,4	1,4	2,6	1,3			
		21,66-21,67		21,665	-18,865	0	121	0,024	440	15,0	7,0	0,81	1,9	15,9	10,5	4,5			
		22,17-22,18		22,175	-19,375	0,5	59	0,048	320	7,0	7,0	0,58	0,8	6,7	7,1	3,3			
		23,00-23,01		23,015	-20,215	4	15	0,038	190	2,0	4,0	0,35	0,5	1,8	3,2	1,7			
		23,41-23,42		23,415	-20,615	2,1	46	0,058	300	6,0	7,0	0,58	0,7	5,8	7,5	3,5			
		-20,75		23,55	II	23,65-23,66	23,655	-20,855	0	15	0,01	160	2	1	0,22	0,4	2	2,6	1,2
						25,10-25,11	25,105	-22,305	0	3	0,007	83	<0,5	<0,5	0,07	0,2	0,4	1,4	0,6
						26,06-26,08	26,07	-23,27	0	7	0,008	110	1	2	0,12	0,3	0,9	1,9	0,6
						26,62-26,63	26,625	-23,825	0	59	0,016	310	7	4	0,41	0,6	7,4	6,6	2,8
						27,06-27,07	27,065	-24,265	0	8	0,008	120	2	<0,5	0,13	0,3	1,4	2,1	1,1
27,52-27,53	27,525		-24,725			0	69	0,016	290	9	1	0,52	0,9	9,5	8,7	2,6			
28,69-28,70	28,695		-25,895			0	57	0,017	380	6	2	0,82	0,9	7,5	7,7	2,8			
-27,10	29,90	I	29,99-30,00	29,995	-27,195	0	22	0,014	220	3	<0,5	0,39	0,4	2,8	3,7	1,2			
			31,91-31,935	31,923	-29,123	0	39	0,018	310	5	3	0,69	0,7	5,4	5,6	1,8			
			31,96-31,98	31,97	-29,17	2,3	11	0,011	150	2	0	0,21	0,3	1,5	2	0,8			
-37,05	39,85	Plio-Plistocénico	33,00-33,45	33,225	-30,425	3,3	12	0,009	140	2	1	0,26	0,4	1,8	2,2	0,9			

**Tabela A.III.2-3 (continuação) - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - MB - efectuada na laguna de Melides.**

Cota Absoluta (m) (NMM)	Prof. (m)	Unidades	Prof. (m)	Prof. média (m)	Cota Absoluta (m) (NMM)	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	(La/Sm)n	(La/Yb)n
						La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu		
1,16	1,7	IV C	0,40-0,42	0,41	2,45	3,1	5	<2,5	0,5	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	1,1	1,5
			0,90-0,92	0,91	1,95	2,8	5	<2,5	0,5	<0,1	<0,25	<0,1	<0,025	1	
-2,60	5,44	IV B	2,57-2,58	2,575	0,285	14,2	30	12	2,5	0,6	<0,25	1,1	0,16	1,01	1,25
			3,30-3,32	3,81	-0,95	4,3	8	<2,5	0,7	<0,1	<0,25	0,3	0,05	1,09	1,39
		IV A	4,40-4,42	4,41	-1,55	4,5	8	<2,5	0,8	0,2	<0,25	0,3	0,05	1	1,45
			5,70-5,72	5,71	-2,85	2,7	4	<2,5	0,5	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	0,96	1,31
-13,40	16,2	IV	7,84-7,85	7,845	-5,045	2,5	4	<2,5	0,4	<0,1	<0,25	<0,1	<0,025	1,11	
			9,84-9,85	9,845	-7,045	2,7	5	<2,5	0,5	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	0,96	1,31
			10,42-10,43	11,425	-8,625	2,6	4	<2,5	0,4	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	1,16	1,26
			13,42-13,43	13,425	-10,625	2,4	5	<2,5	0,4	<0,1	<0,25	<0,1	<0,025	1,07	
-15,96	18,76	III B	15,60-15,61	15,605	-12,805	2,6	5	<2,5	0,4	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	1,16	1,26
			16,92-16,93	16,925	-14,125	4,2	7	<2,5	0,7	<0,1	<0,25	0,3	<0,025	1,07	1,36
-20,75	23,55	III A	18,60-18,63	18,615	-15,815	6,7	12	5	1,1	0,3	<0,25	0,4	0,06	1,08	1,62
			18,83-18,84	18,835	-16,035	22,9	41	21	4,4	1,1	0,7	1,8	0,27	0,93	1,23
			19,23-19,24	19,235	-16,435	14,5	31	14	2,8	0,4	<0,25	1,4	0,21	0,92	1
			19,71-19,72	19,715	-16,915	20,5	41	14	3,5	0,7	<0,25	1,4	0,21	1,04	1,42
			20,10-20,11	20,105	-17,305	12,3	24	7	2,1	0,5	<0,25	0,7	0,11	1,04	1,7
			21,06-21,07	21,065	-18,265	19,9	40	16	3,3	0,7	<0,25	1,6	0,24	1,07	1,2
			21,42-21,43	21,425	-18,625	7,3	14	6	1,2	0,2	<0,25	0,5	0,07	1,08	1,41
			21,66-21,67	21,665	-18,865	36	64	32	6,6	1,5	0,9	2,7	0,42	0,97	1,29
			22,17-22,18	22,175	-19,375	21,2	40	15	3,5	0,8	<0,25	1,5	0,23	1,08	1,37
			23,00-23,01	23,015	-20,215	8,6	14	6	1,5	0,2	<0,25	0,5	0,09	1,02	1,67
-27,10	29,90	II	23,41-23,42	23,415	-20,615	18,2	40	14	3,4	0,7	<0,25	1,3	0,22	0,95	1,36
			23,65-23,66	23,655	-20,855	6,7	12	<2,5	1,2	0,3	<0,25	0,6	0,09	0,99	1,08
			25,10-25,11	25,105	-22,305	2,7	5	<2,5	0,5	<0,1	<0,25	0,2	<0,025	0,96	1,31
			26,06-26,08	26,07	-23,27	3,9	7	<2,5	0,7	<0,1	<0,25	0,3	<0,025	0,99	1,26
			26,62-26,63	26,625	-23,825	18,2	38	16	3,3	0,8	<0,25	1,4	0,21	0,98	1,26
			27,06-27,07	27,065	-24,265	4,9	9	<2,5	1	0,2	<0,25	0,5	0,08	0,87	0,95
			27,52-27,53	27,525	-24,725	24,5	50	23	4,7	1	<0,25	1,9	0,3	0,93	1,25
-37,05	39,85	I	28,69-28,70	28,695	-25,895	21,3	43	19	3,8	0,8	<0,25	1,7	0,28	1	1,21
			29,99-30,00	29,995	-27,195	9,5	19	9	1,7	0,4	<0,25	0,7	0,11	1	1,31
			31,91-31,935	31,923	-29,123	15,6	30	13	2,8	0,6	<0,25	1,3	0,19	0,99	1,16
-37,05	39,85	Plio-Plistocénico	31,96-31,98	31,97	-29,17	5,2	10	<2,5	0,8	0	<0,25	0,4	0,07	1,16	1,26
			33,00-33,45	33,225	-30,425	5,9	12	<2,5	1	0,3	<0,25	0,5	0,07	1,05	1,14

**Tabela A.III.2-4 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - MIGM - efectuada na laguna de Melides.**

Cota (m) (NMM)	Prof. (m) (NMM)	Unidades	Refª Amostra	Prof. média (m)	Cota absoluta (m)	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr	ppm Mn	% Fe	ppm Ni	ppm Cu	ppm Zn	ppm Br	ppm Rb	ppm Sr	ppm Y	ppm Zr	ppm Nb	ppm Pb		
3,39	0,00	ATERRO																										
2,59	0,80	III	D	0,89-0,90	0,895	2,495	0,97	4,53	38,8	0,09	0,062	1,20	0,10	0,22	60	662	2,7	21	17	69	8	64	57	15	96	8	63	
				1,39-1,40	1,395	1,995	0,90	4,14	38,1	0,11	0,064	1,18	0,07	0,21	79	160	1,8	21	15	68	5	68	68	13	99	6	46	
				1,54-1,55	1,545	1,845	0,76	5,21	35,4	0,21	0,046	1,53	0,16	0,38	51	131	1,6	22	24	85	6	93	75	20	160	8	57	
1,70	1,69			1,63-1,64	1,635	1,755	0,76	3,58	40,5	0,15	0,038	1,04	0,10	0,16	42	216	1,7	15	15	57	5	53	41	12	84	9	49	
				1,77-1,78	1,775	1,615	1,09	7,55	32,0	0,14	0,079	1,85	0,26	0,53	74	805	3,4	36	28	112	8	110	90	30	193	11	73	
1,33	2,06		C	1,99-2,00	1,995	1,395	1,21	8,29	30,9	0,11	0,100	1,99	0,28	0,65	57	793	4,2	35	31	138	7	123	98	35	201	16	82	
				2,40-2,41	2,405	0,985	0,75	3,64	39,3	0,10	0,049	1,21	0,07	0,19	44	192	1,6	19	15	47	4	66	53	13	107	8	63	
			B	2,80-2,81	2,805	0,585	0,81	4,44	39,4	0,12	0,062	1,37	0,11	0,22	61	197	1,9	17	22	69	4	69	59	18	121	10	47	
				3,30-3,31	3,305	0,085	0,74	3,80	39,1	0,11	0,046	1,29	0,08	0,20	43	171	1,4	15	18	54	2	71	58	15	106	6	36	
				3,70-3,71	3,705	-0,315	0,76	4,49	37,3	0,12	0,035	1,32	0,11	0,26	68	220	1,8	13	18	58	7	70	57	25	133	8	35	
-0,80	4,19			4,10-4,11	4,105	-0,715	0,72	3,72	37,2	0,12	0,000	1,11	0,12	0,20	36	238	1,6	14	18	58	4	64	50	17	101	8	45	
				A	4,36-4,37	4,365	-0,975	0,98	6,64	31,9	0,17	0,073	2,13	0,37	0,47	43	413	2,7	26	24	95	8	128	110	29	200	11	80
			4,70-4,71		4,705	-1,315	0,82	4,35	36,5	0,38	0,075	1,28	0,62	0,24	83	223	1,9	22	20	74	7	73	62	22	111	10	48	
				4,85-4,86	4,855	-1,465	1,29	7,58	31,1	0,21	0,067	1,52	0,19	0,46	92	314	4,4	41	37	172	13	90	98	32	157	14	88	
-1,64	5,03		II		4,97-4,98	4,975	-1,585	0,88	4,74	30,2	0,83	0,051	1,41	4,62	0,25	35	243	1,9	19	20	79	68	76	103	22	97	9	46
		5,06-5,07			5,065	-1,675	0,69	3,47	35,6	0,92	0,065	1,26	2,48	0,12	26	209	1,1	10	15	38	10	65	146	16	60	5	25	
		5,18-5,19			5,185	-1,795	0,49	2,63	38,4	0,67	0,090	1,16	1,71	0,07	29	123	0,7	7	13	23	7	63	115	14	39	7	25	
		5,24-5,25			5,245	-1,855	0,27	1,59	35,4	0,28	0,037	0,88	5,82	0,04	30	44	0,3	5	12	18	5	41	312	5	32	4	18	
		5,84-5,85			5,845	-2,455	0,35	1,81	37,6	0,36	0,056	1,44	3,41	0,03	48	25	0,2	4	8	17	3	71	201	4	30	5	15	
		6,04-6,05			6,045	-2,655	0,29	1,72	42,4	0,17	0,051	1,35	0,61	0,03	19	16	0,1	3	8	11	3	72	63	4	29	6	14	
		6,34-6,35			6,345	-2,955	0,39	1,72	41,1	0,16	0,032	1,30	1,07	0,03	18	15	0,1	6	11	12	4	68	82	7	27	5	20	
		7,14-7,15			7,145	-3,755	0,40	1,67	38,6	0,33	0,054	1,09	3,39	0,03	13	29	0,2	5	9	17	3	49	227	5	35	5	21	
		7,32-7,33			7,325	-3,935	0,86	3,96	33,6	1,23	0,045	1,48	2,53	0,14	38	159	1,4	11	15	46	17	83	147	15	66	6	25	
		7,36-7,37			7,365	-3,975	0,33	1,54	42,1	0,20	0,051	1,01	0,92	0,03	26	24	0,1	5	7	14	4	55	82	6	25	6	16	
		7,44-7,45			7,445	-4,055	0,75	4,33	30,2	1,03	0,075	1,55	4,54	0,17	49	203	1,8	22	21	59	22	85	289	16	81	5	32	
		11,0-11,01			11,005	-7,615	0,40	1,48	42,9	0,16	0,000	0,81	0,79	0,03	25	27	0,2	6	13	16	3	42	66	7	28	5	23	
		11,32-11,33			11,325	-7,935	1,41	6,44	27,4	2,74	0,071	1,74	0,80	0,25	73	358	3,9	33	28	129	106	109	96	23	86	8	66	
		11,42-11,43			11,425	-8,035	0,64	2,14	40,8	0,49	0,042	0,99	1,67	0,06	22	62	0,5	7	13	20	5	53	116	6	35	5	18	
		11,52-11,53			11,525	-8,135	0,44	1,48	44,7	0,25	0,033	0,80	0,40	0,03	31	13	0,1	5	5	11	3	42	40	7	26	6	17	
		11,57-11,58			11,575	-8,185	0,28	1,44	43,4	0,00	0,062	0,80	0,36	0,03	27	17	0,1	7	8	10	4	43	35	4	34	5	19	
		11,62-11,63			11,625	-8,235	0,27	1,36	39,7	0,00	0,044	0,75	0,71	0,03	32	16	0,1	3	9	10	3	41	47	3	31	7	21	
		12,15-12,16			12,155	-8,765	2,29	7,07	31,5	1,22	0,044	1,98	1,22	0,36	62	528	3,3	33	26	93	14	107	155	21	122	14	26	
		12,28-12,29			12,285	-8,895	0,49	1,86	42,3	0,29	0,053	0,91	1,41	0,04	32	41	0,3	8	9	17	4	47	99	7	33	7	0	
		12,38-12,39			12,385	-8,995	0,62	2,16	41,7	0,38	0,034	1,04	1,38	0,05	38	34	0,4	9	8	15	7	53	89	9	36	5	19	
		12,48-12,49			12,485	-9,095	1,00	4,52	36,4	0,85	0,071	1,34	1,68	0,17	29	142	1,4	15	15	54	12	76	120	17	79	3	30	
		12,52-12,53			12,525	-9,135	0,49	3,10	38,4	0,00	0,051	1,17	1,66	0,11	42	102	0,8	12	12	31	5	67	115	10	72	9	34	
		12,58-12,59			12,585	-9,195	0,30	1,47	43,2	0,00	0,017	0,79	0,15	0,03	38	21	0,2	5	11	14	3	40	24	5	32	8	16	
		12,68-12,69			12,685	-9,295	0,48	1,51	48,4	0,23	0,022	0,76	0,08	0,03	20	25	0,1	4	9	11	4	43	22	7	31	6	19	
		13,48-13,49			13,485	-10,095	0,81	2,81	40,2	0,80	0,043	0,99	1,31	0,09	0	108	0,8	9	13	24	6	51	92	10	52	9	22	
		13,68-13,69			13,685	-10,295	0,48	1,70	45,0	0,27	0,036	0,89	0,05	0,05	18	21	0,2	4	9	10	2	44	21	6	40	10	17	
-11,1	14,48	I			B	14,43-14,44	14,435	-11,045	2,54	7,30	30,6	1,51	0,065	2,27	1,16	0,36	67	620	3,2	27	28	94	17	122	148	25	116	11
			14,58-14,59	14,585		-11,195	0,42	1,71	44,4	0,30	0,035	0,89	0,56	0,73	17	36	0,3	5	9	11	4	47	21	3	44	11	21	
			15,28-15,29	15,285		-11,895	0,55	1,64	46,1	0,23	0,043	0,75	0,90	0,05	18	21	0,2	7	6	13	3	39	21	6	35	5	16	
			15,50-15,51	15,505		-12,115	0,54	3,47	42,5	0,31	0,032	1,52	0,04	0,17	23	44	0,5	8	10	23	4	90	40	16	105	8	36	
			16,60-16,61	16,605		-13,215	0,41	1,42	43,0	0,20	0,034	0,77	0,94	0,05	15	29	0,2	7	8	17	3	36	67	5	59	5	15	
-13,7	17,08		A	16,80-16,81	16,805	-13,415	0,44	1,39	44,7	0,25	0,039	0,63	0,06	0,05	21	26	0,2	5	11	13	4	33	17	8	29	5	14	
				17,11-17,13	17,120	-13,730	0,97	3,69	41,5	0,29	0,047	0,93	0,08	0,20	55	138	1,6	15	18	56	2	55	66	10	92	6	26	
				18,27-18,28	18,275	-14,885	0,58	1,73	45,3	0,22	0,048	0,73	0,06	0,07	30	24	0,3	6	9	20	4	41	20	8	38	5	21	
-16,0	19,35		Miocénico		18,96-18,97	18,965	-15,575	1,32	5,05	37,1	0,15	0,046	1,31	0,09	0,29	73	224	3,5	22	22	94	3	72	56	19	110	11	53
					19,50-19,51	19,505	-16,115																					



### A.III.3 LAGOA DA SANCHÁ

#### A.III.3.1 SUPERFICIAIS

**Tabela A.III.3-1 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos superficiais recolhidos a 21 de Junho de 2001 (campanha A), na Lagoa da Sancha.**

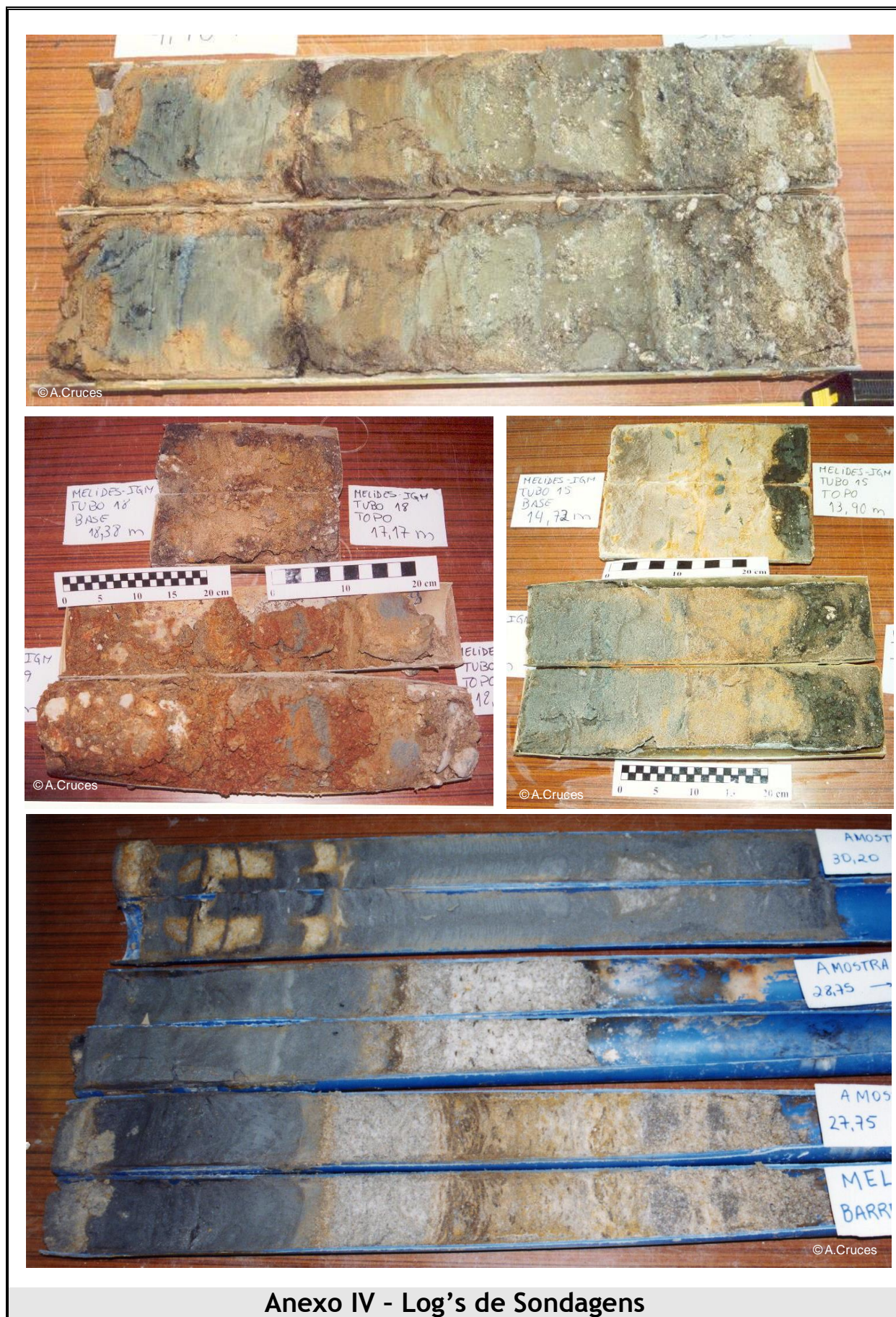
	Ref <sup>a</sup> Amostra	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr	ppm Mn	% Fe	ppm Ni	ppm Cu	ppm Zn	ppm Br	ppm Rb	ppm Sr	ppm Y	ppm Zr	ppm Nb	ppm Pb
LAGUNA	1	0,5	5,7	17,0	1,6	0,21	1,3	0,0	0,30	185	582	17,2	19	31	52	56	78	49	9	54	9	55
	2	0,6	6,9	20,6	2,2	0,12	1,7	0,1	0,40	147	516	11,5	29	45	61	68	108	83	14	79	12	76
	3	0,5	6,2	19,2	1,5	0,26	1,4	0,0	0,36	188	564	15,0	20	37	52	60	85	54	15	71	8	58
	4	0,7	7,9	24,2	1,3	0,13	1,9	0,1	0,47	117	339	7,3	34	47	70	90	147	94	17	108	20	101
	5	0,6	6,3	20,2	2,5	0,11	1,4	0,0	0,34	170	635	13,4	0	49	50	68	86	57	13	68	6	120
	6	0,5	5,9	21,5	2,7	0,16	1,3	0,1	0,37	155	512	11,1	30	34	54	65	100	91	15	82	15	59
	7	0,7	6,7	23,1	3,3	0,37	1,7	0,1	0,37	131	415	7,8	37	45	76	92	114	86	16	99	16	67
	8	0,6	6,3	28,8	1,2	0,10	1,8	0,1	0,33	68	151	2,3	35	43	55	92	152	99	15	98	13	104
RIBEIRA	LSF1	0,5	3,4	41,1	0,2	0,08	1,1	0,0	0,17	40	238	1,1	12	17	30	<5	71	35	16	82	16	104
	LSF2	0,5	4,2	39,0	0,1	<0,025	1,5	0,1	0,25	30	561	1,6	15	20	47	<5	105	47	15	100	12	33
	LSF3	0,5	4,2	38,4	0,1	0,05	1,4	0,1	0,23	29	569	1,6	16	21	40	<5	91	45	20	101	10	26
	LSF4	0,3	1,7	43,2	0,2	<0,025	0,9	0,1	0,08	<12,5	42	0,3	<5	10	19	<5	55	17	10	74	10	<13
	LSPQ	0,4	5,3	36,4	0,1	<0,025	1,5	0,0	0,08	48	44	1,1	10	14	18	18	104	29	<5	49	<5	29

#### A.III.3.2 SONDAGENS “LONGAS”

**Tabela A.III.3-2 - Resultados da análise geoquímica dos sedimentos da sondagem “longa” - LS6A - efectuada na Lagoa da Sancha.**

Unidades	Ref <sup>a</sup> Amostra	Prof. média (m)	% Mg	% Al	% Si	% S	% Cl	% K	% Ca	% Ti	ppm Cr	ppm Mn	% Fe	ppm Ni	ppm Cu	ppm Zn	ppm Br	ppm Rb	ppm Sr	ppm Y	ppm Zr	ppm Nb	ppm Pb
III	0,04-0,06	0,05	0,6	7,2	22,2	3,59	0,11	1,76	0,05	0,46	97	489	5,8	49	69	61	85	143	99	19	110	14	76
	0,28-0,30	0,29	0,9	8,8	28,4	2,27	0,05	2,09	0,06	0,57	102	472	6,0	74	43	135	18	147	100	32	131	22	34
	0,40-0,42	0,41	0,7	7,4	22,7	2,58	0,17	1,85	0,09	0,44	116	382	5,4	57	40	105	75	150	108	21	102	20	51
	0,46-0,48	0,47	0,7	7,3	19,9	2,58	0,19	1,79	0,10	0,48	100	411	5,4	80	45	120	31	156	107	21	109	20	38
II	1,00-1,02	1,01	0,9	1,4	13,0	2,61	0,82	0,52	1,62	0,10	26	1400	1,1	21	13	18	161	49	396	16	39	<5	<13
	1,26-1,28	1,27	0,8	2,0	20,9	2,61	1,14	0,67	0,94	0,13	39	953	1,7	25	21	30	148	61	229	<5	38	11	38
	1,56-1,58	1,57	0,9	1,3	8,4	3,63	1,91	0,40	1,04	0,09	37	911	1,3	35	27	30	215	42	260	16	33	<5	28
	2,08-2,10	2,09	0,4	1,0	5,9	11,94	2,38	0,38	0,31	0,06	136	560	11,0	170	11	<5	83	17	46	<5	21	<5	28
Ib	2,24-2,26	2,25	0,5	2,1	39,9	0,43	0,40	0,95	0,05	0,09	<12,5	32	0,1	<5	10	15	17	58	35	10	56	10	<13
	2,58-2,60	2,59	0,4	1,8	39,8	0,25	0,20	0,86	0,02	0,07	25	15	0,2	<5	11	12	10	51	29	11	62	<5	<13
Ia	2,70-2,72	2,71	0,3	1,8	40,0	0,23	0,20	0,91	0,01	0,07	67	13	0,1	11	<5	16	12	56	32	<5	50	<5	<13
	3,18-3,20	3,19	0,4	2,0	42,7	0,32	0,14	0,96	0,03	0,10	41	18	0,2	<5	14	20	<5	52	30	10	64	<5	<13





Anexo IV - Log's de Sondagens

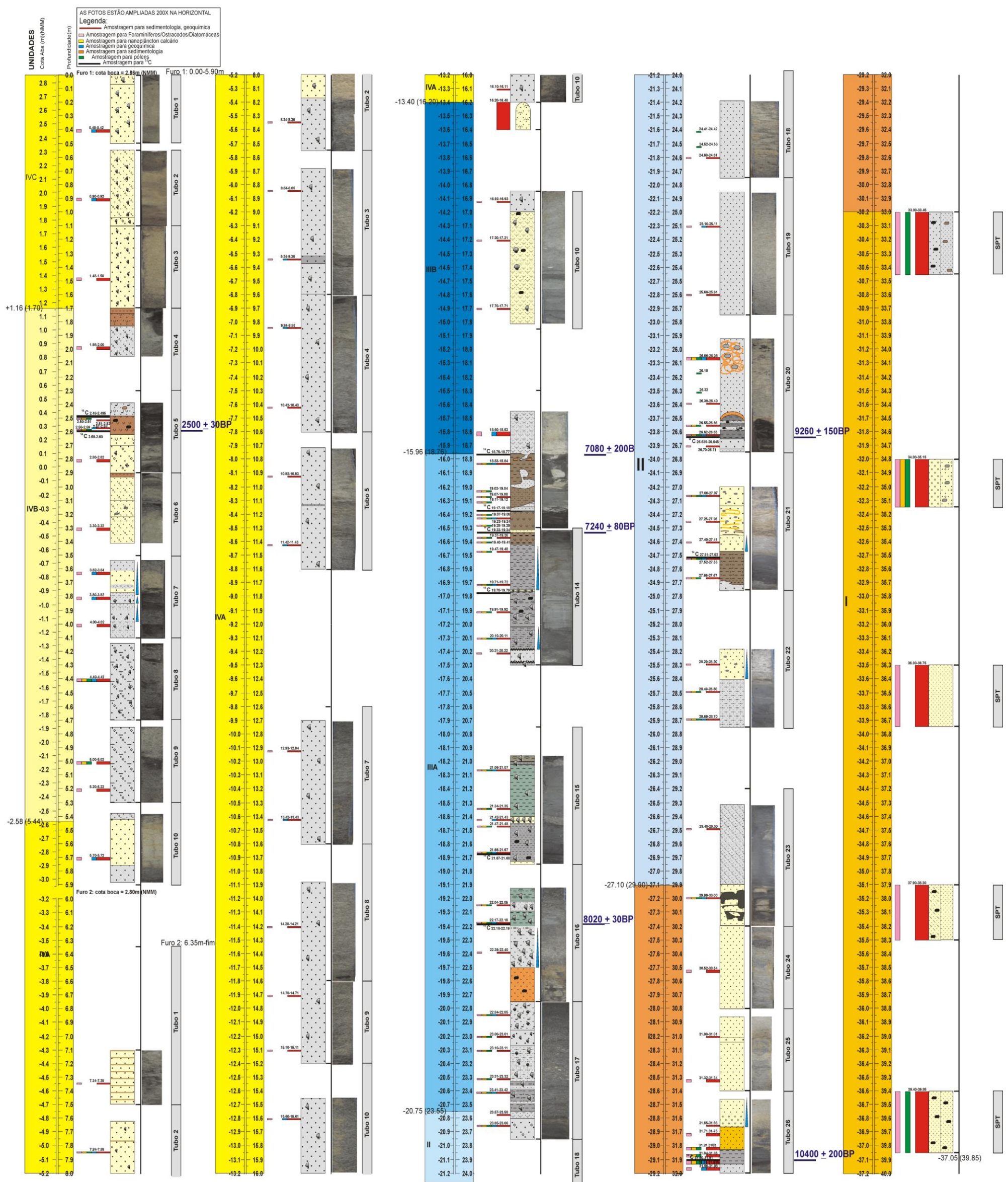


**A.IV.1 – LAGOA DE MELIDES**





# A.IV.1.1 SONDAGEM MB A.IV.1.1.1 LOG simplificado

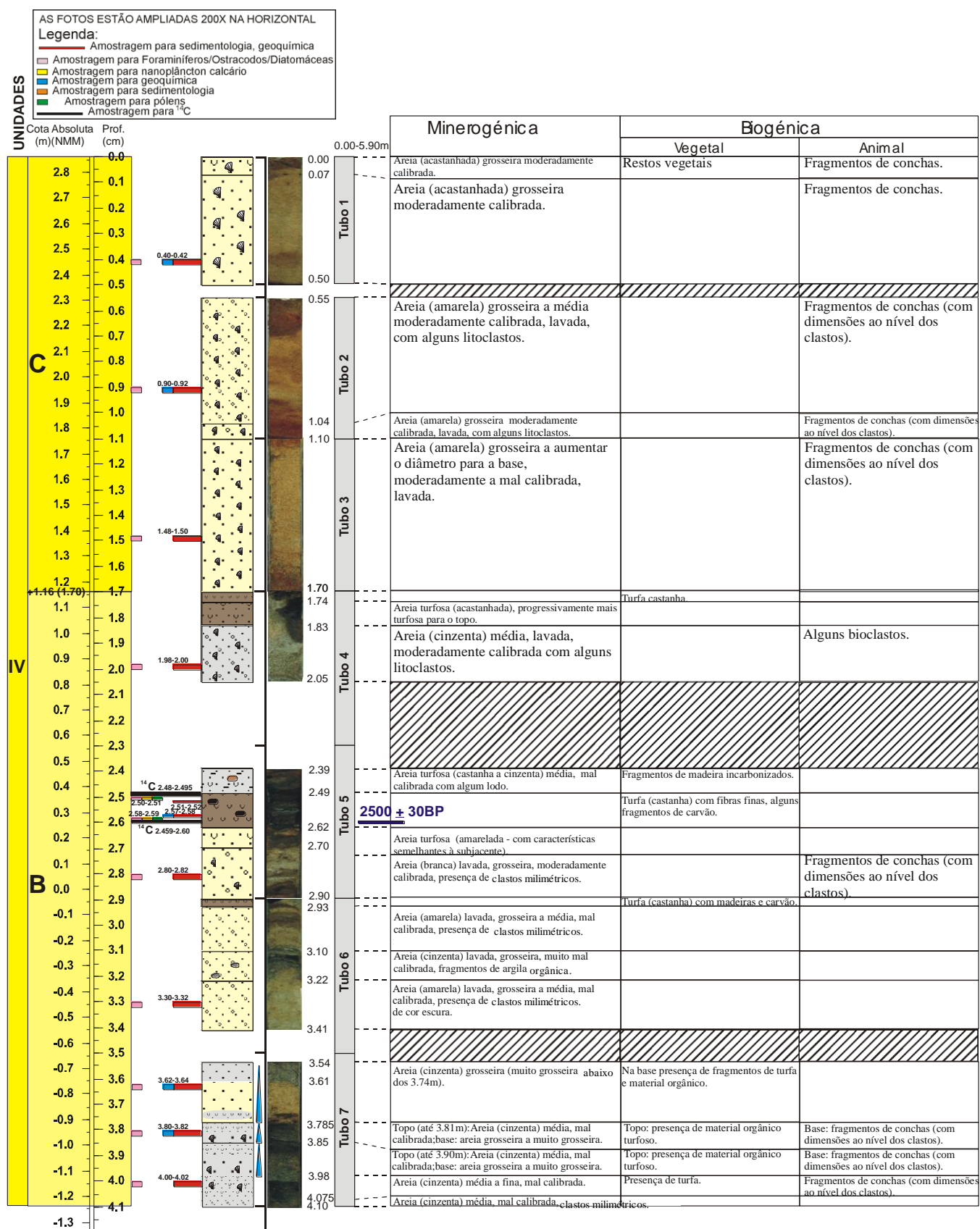


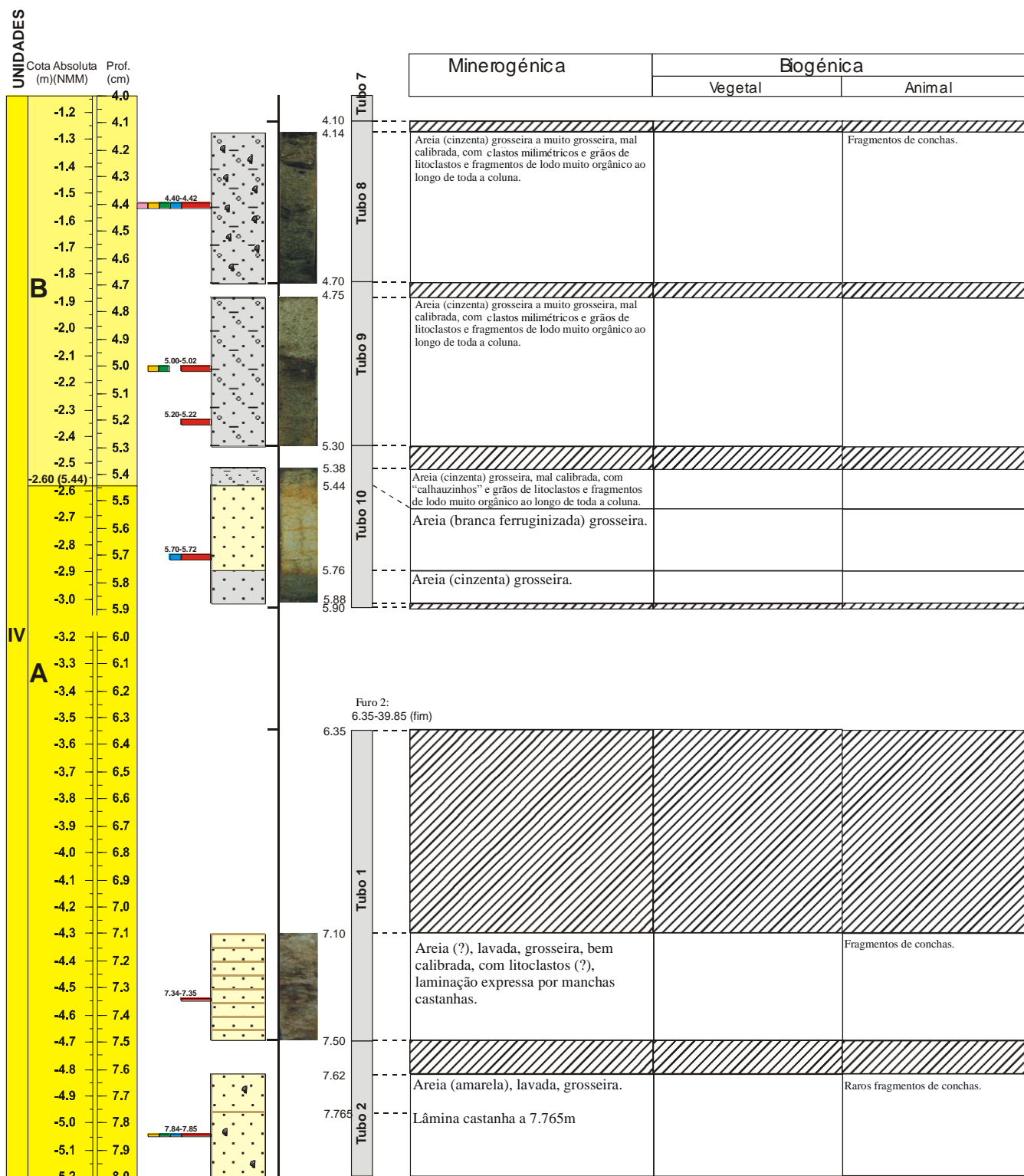


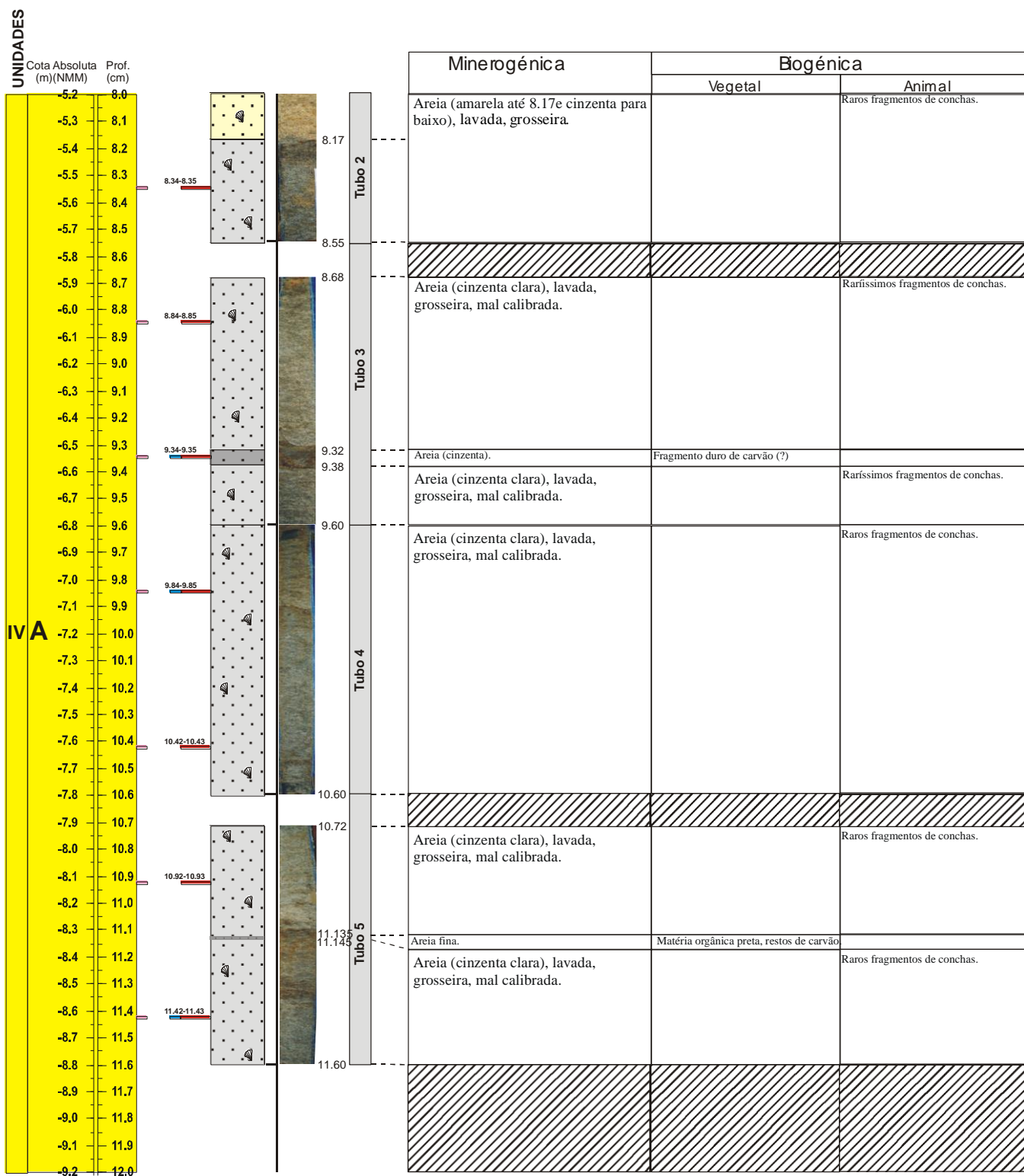


A.IV.1.1 SONDAGEM MB  
**A.IV.1.1.2 LOG com descrição macroscópica**





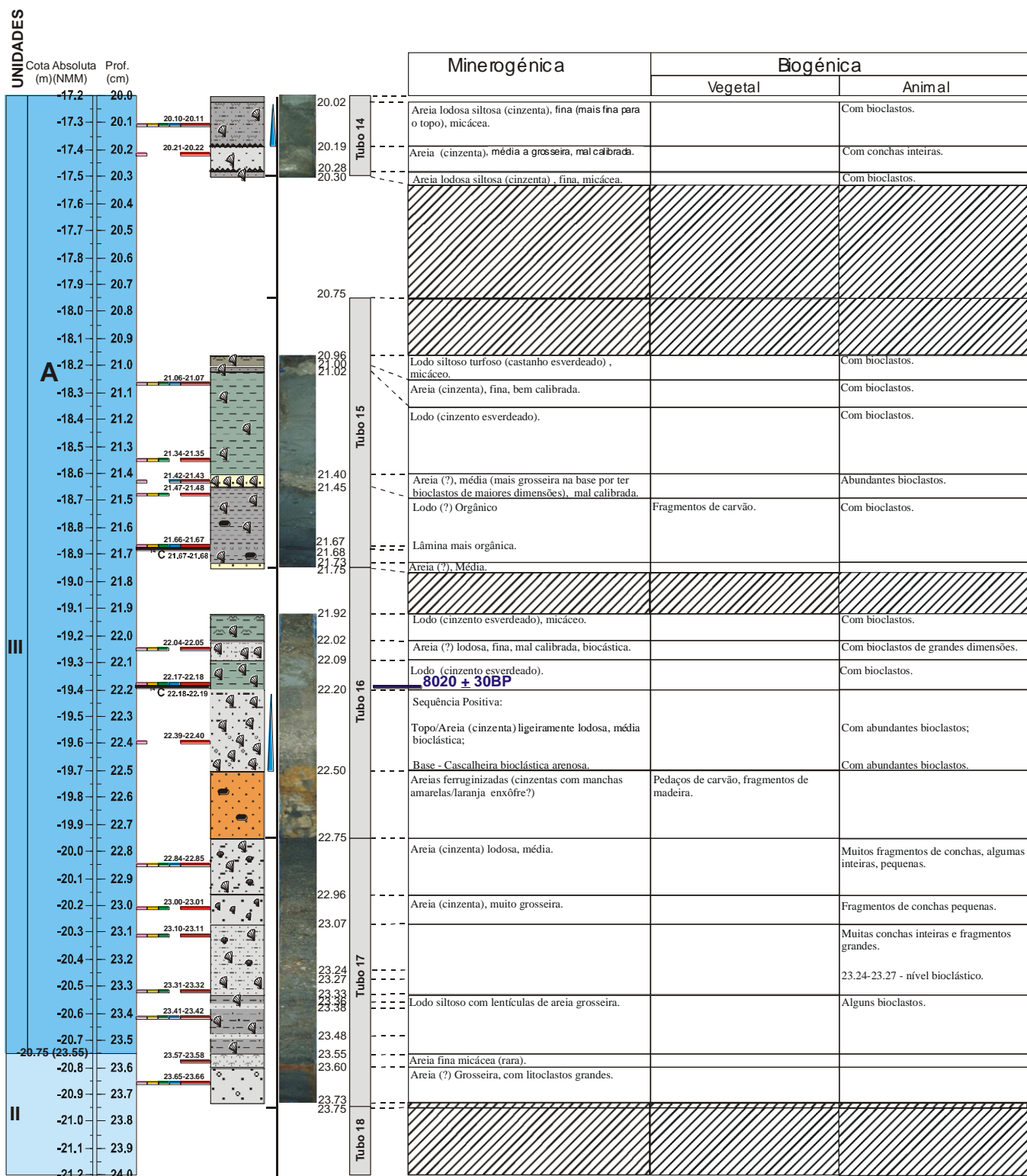


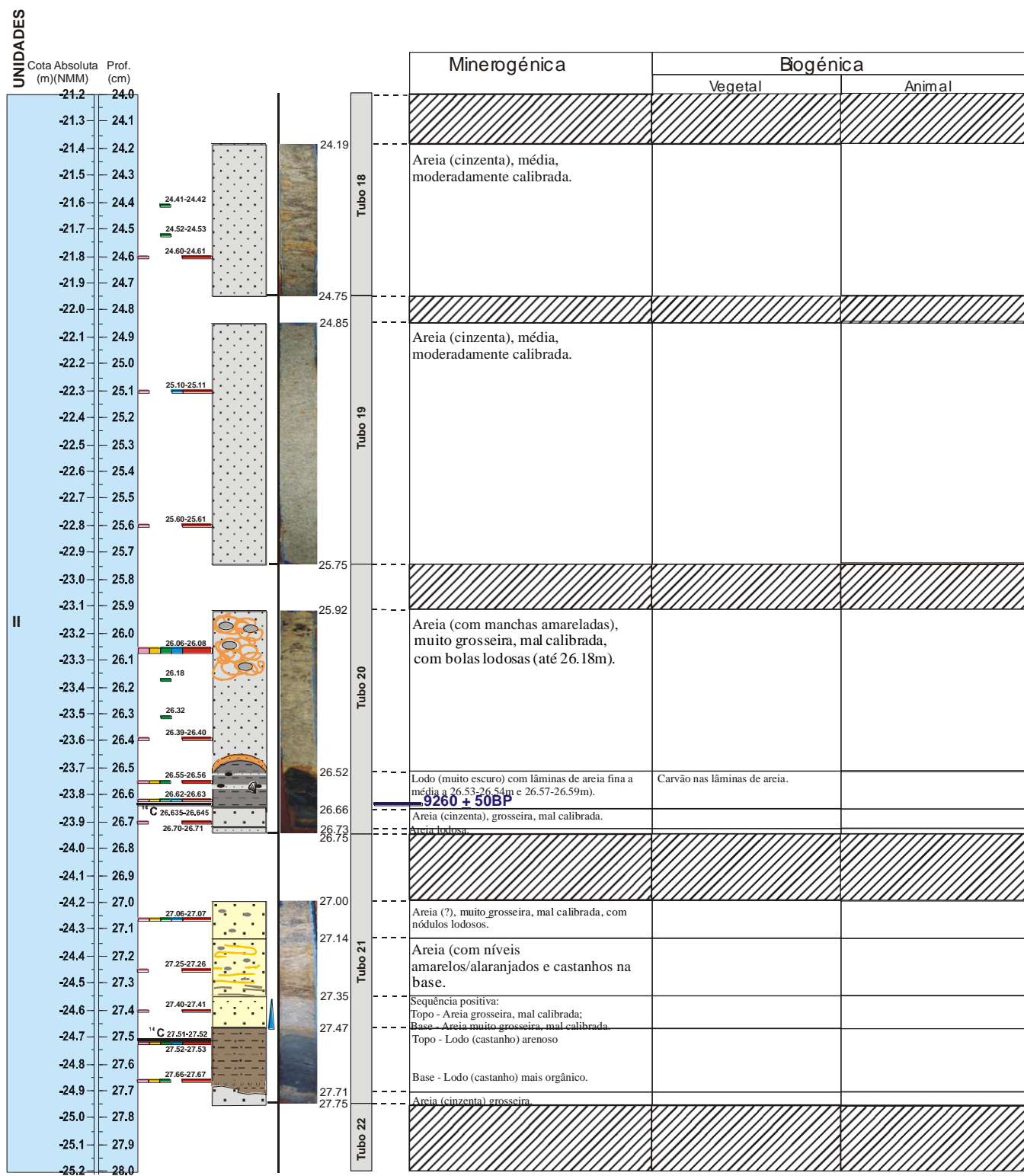


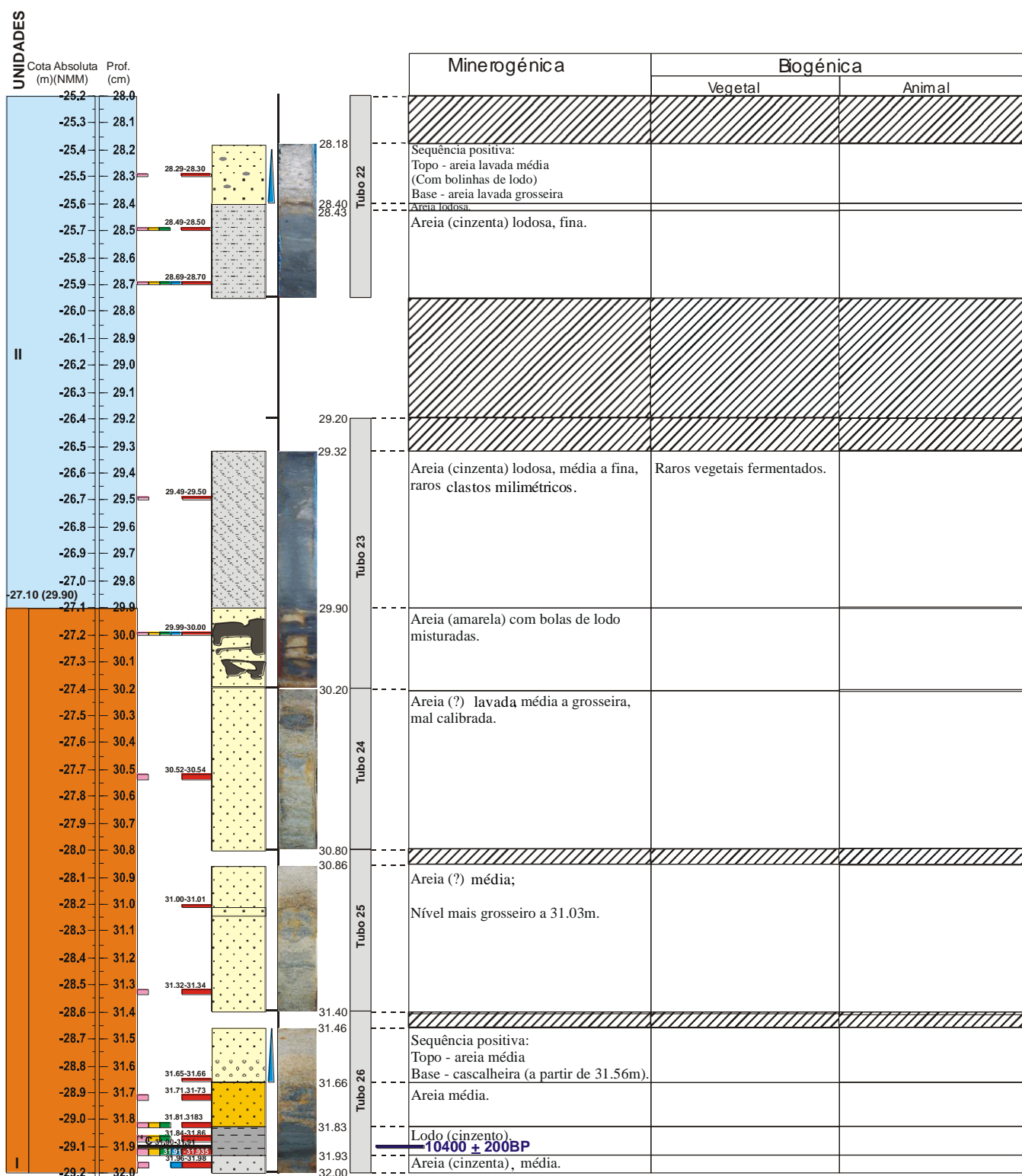






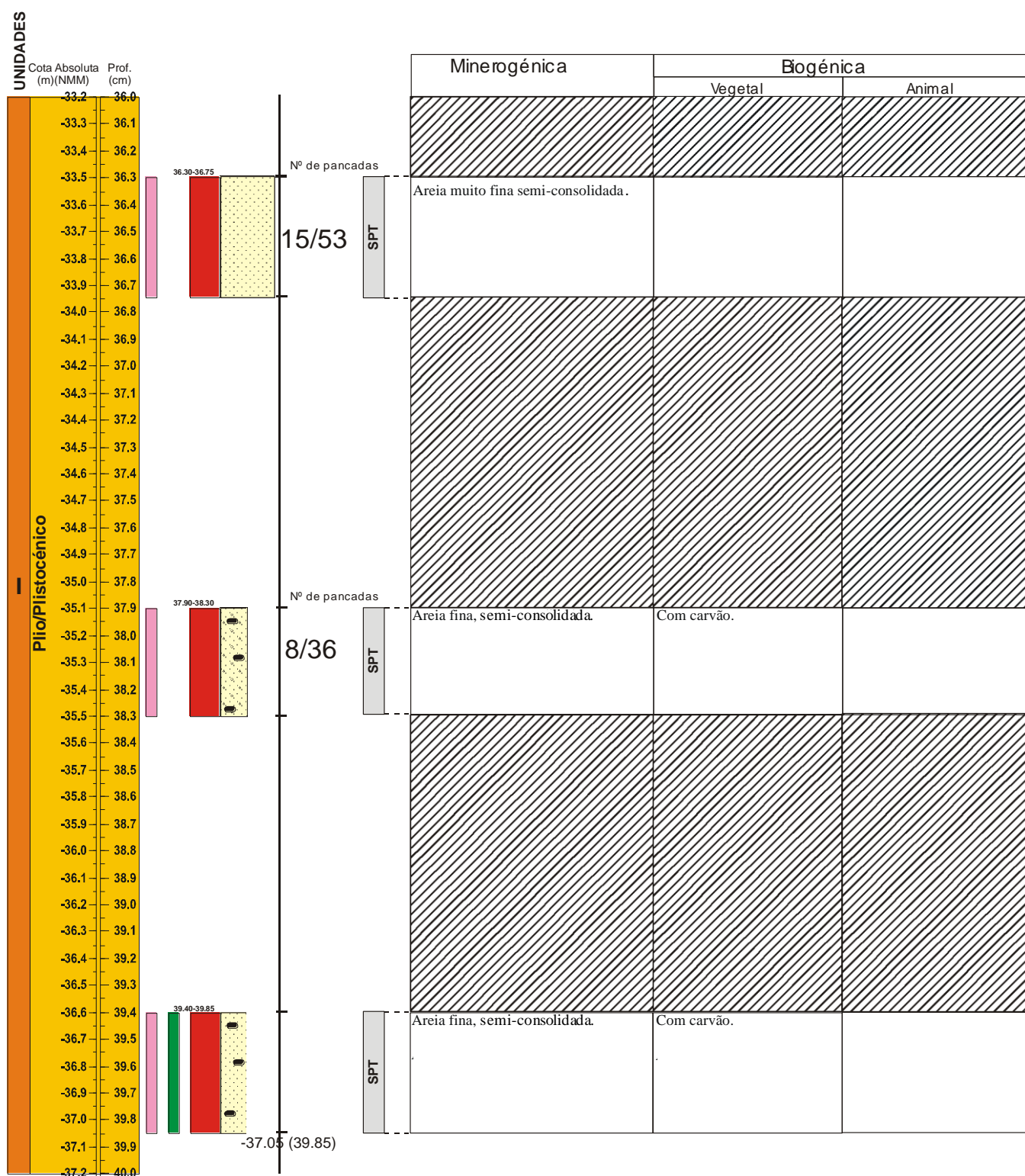






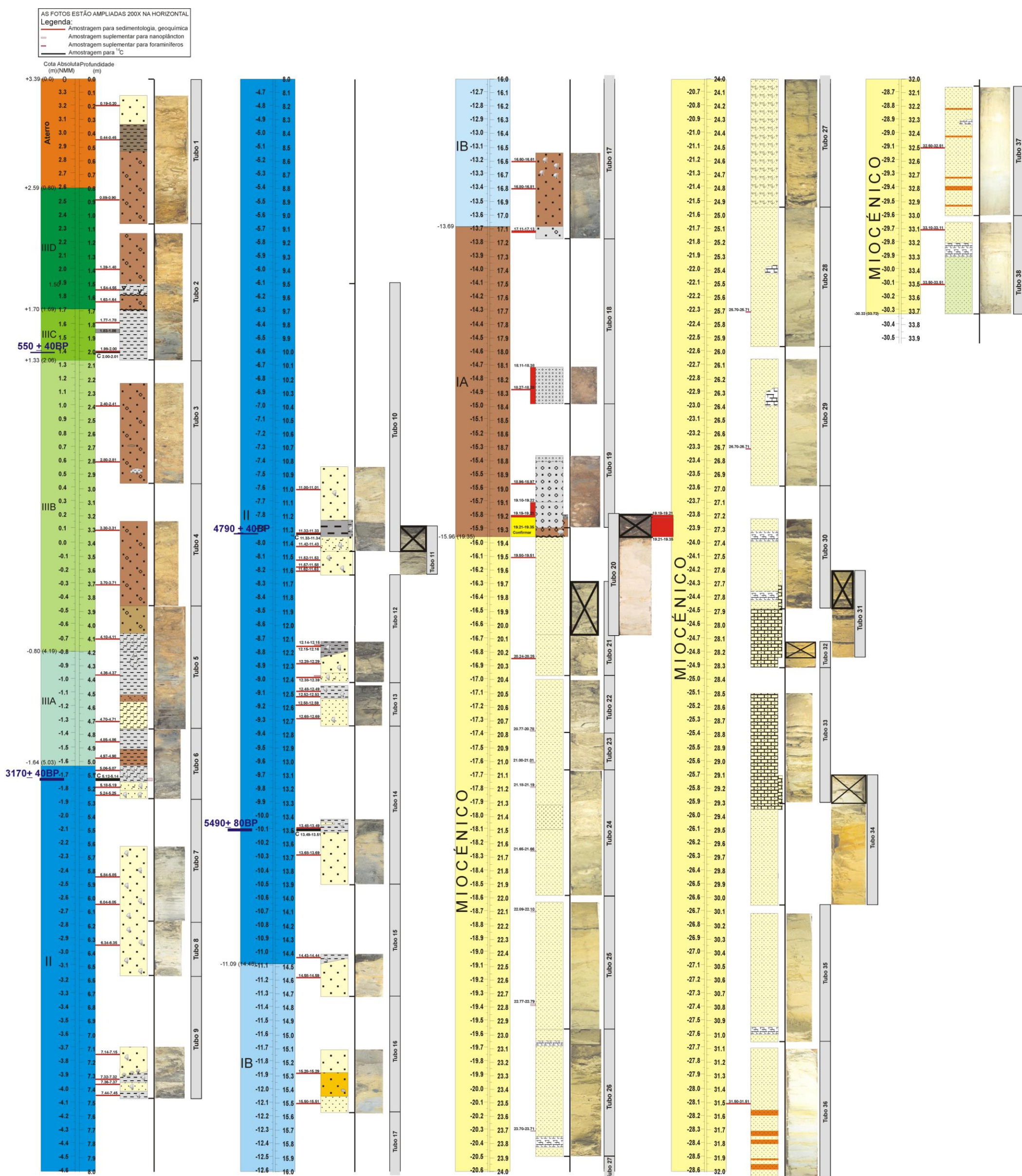








#### A.IV.1.2.1 LOG simplificado

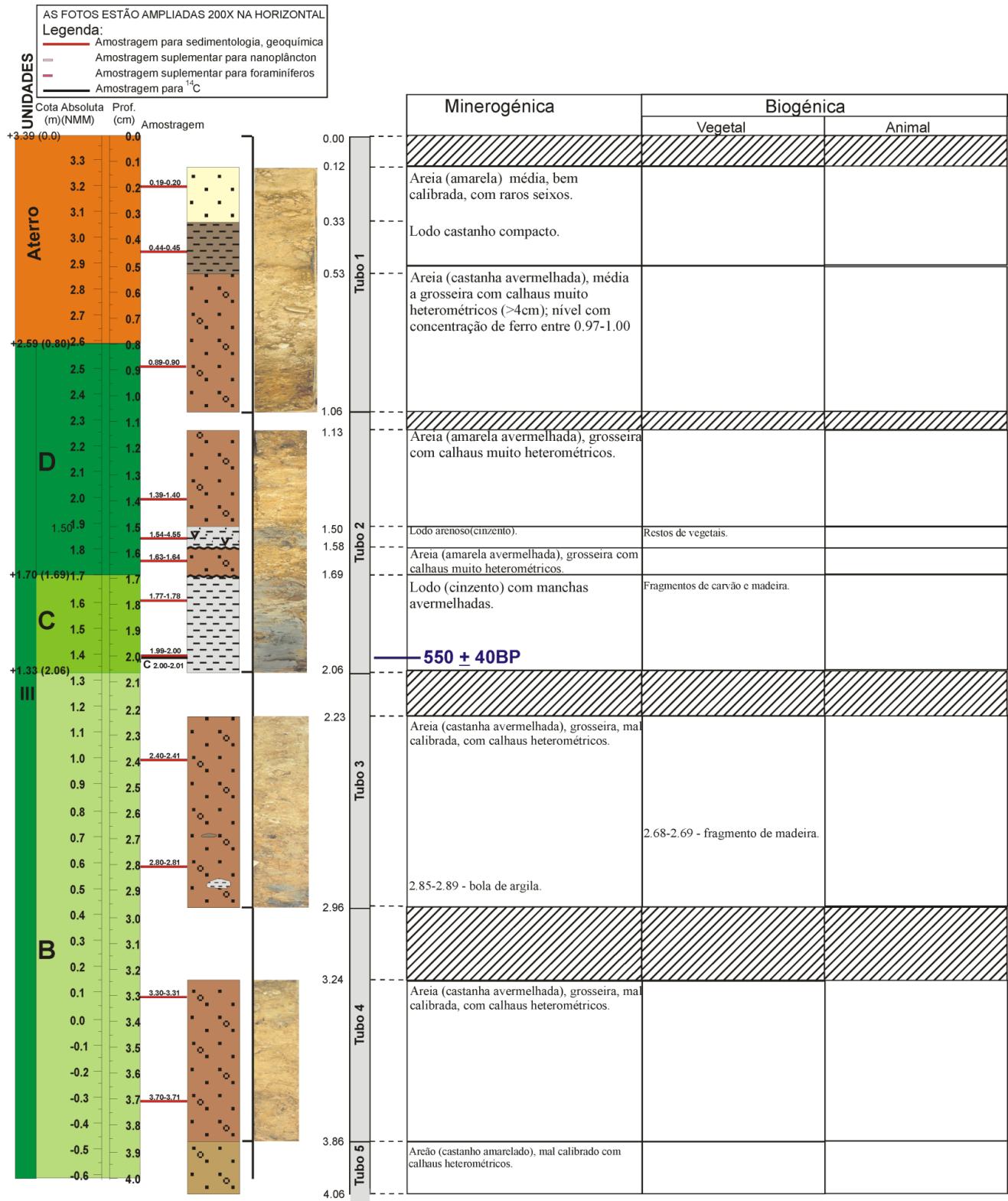


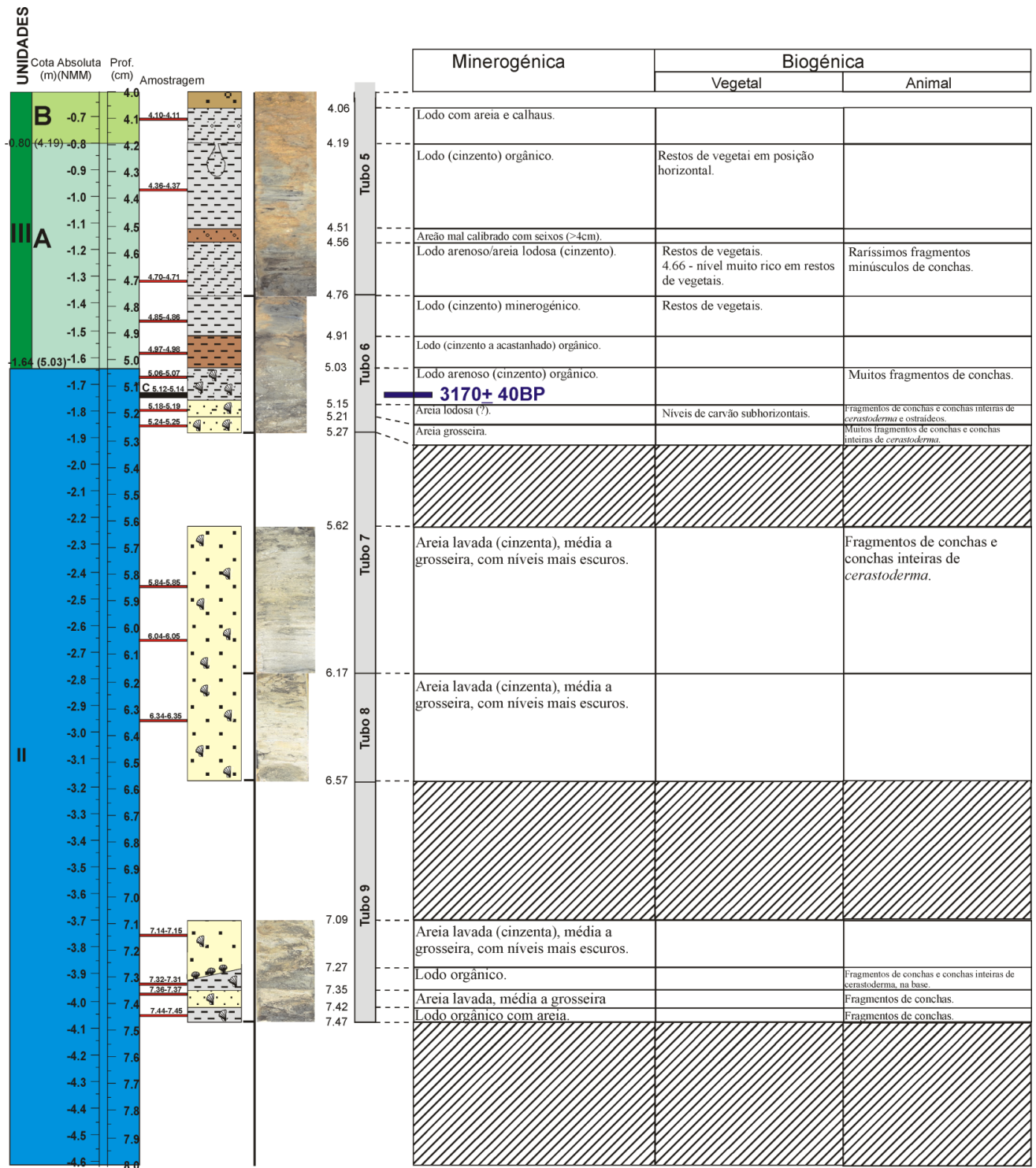


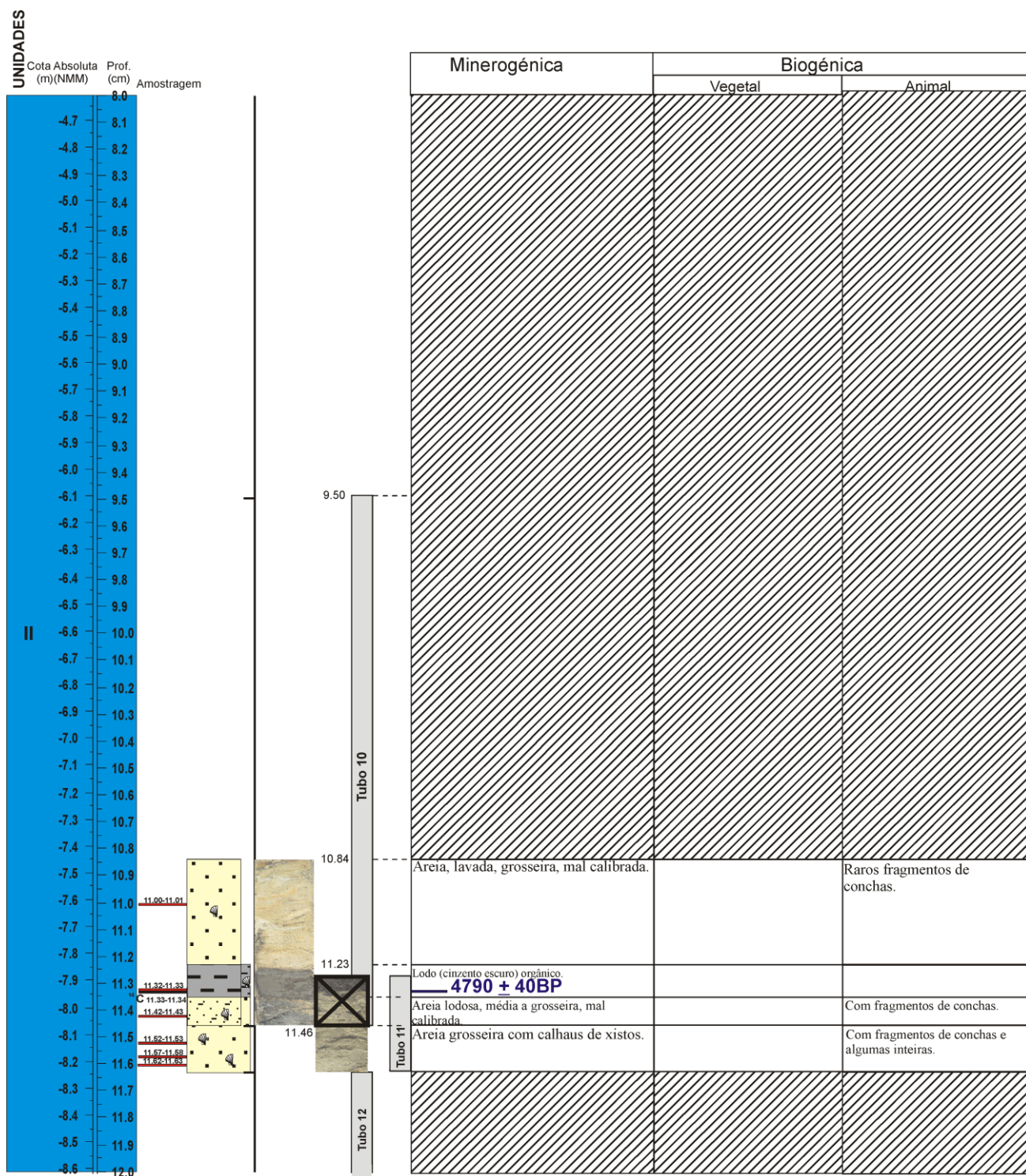


A.IV.1.2 SONDAGEM MIGM  
**A.IV.1.2.2 LOG com descrição macroscópica**

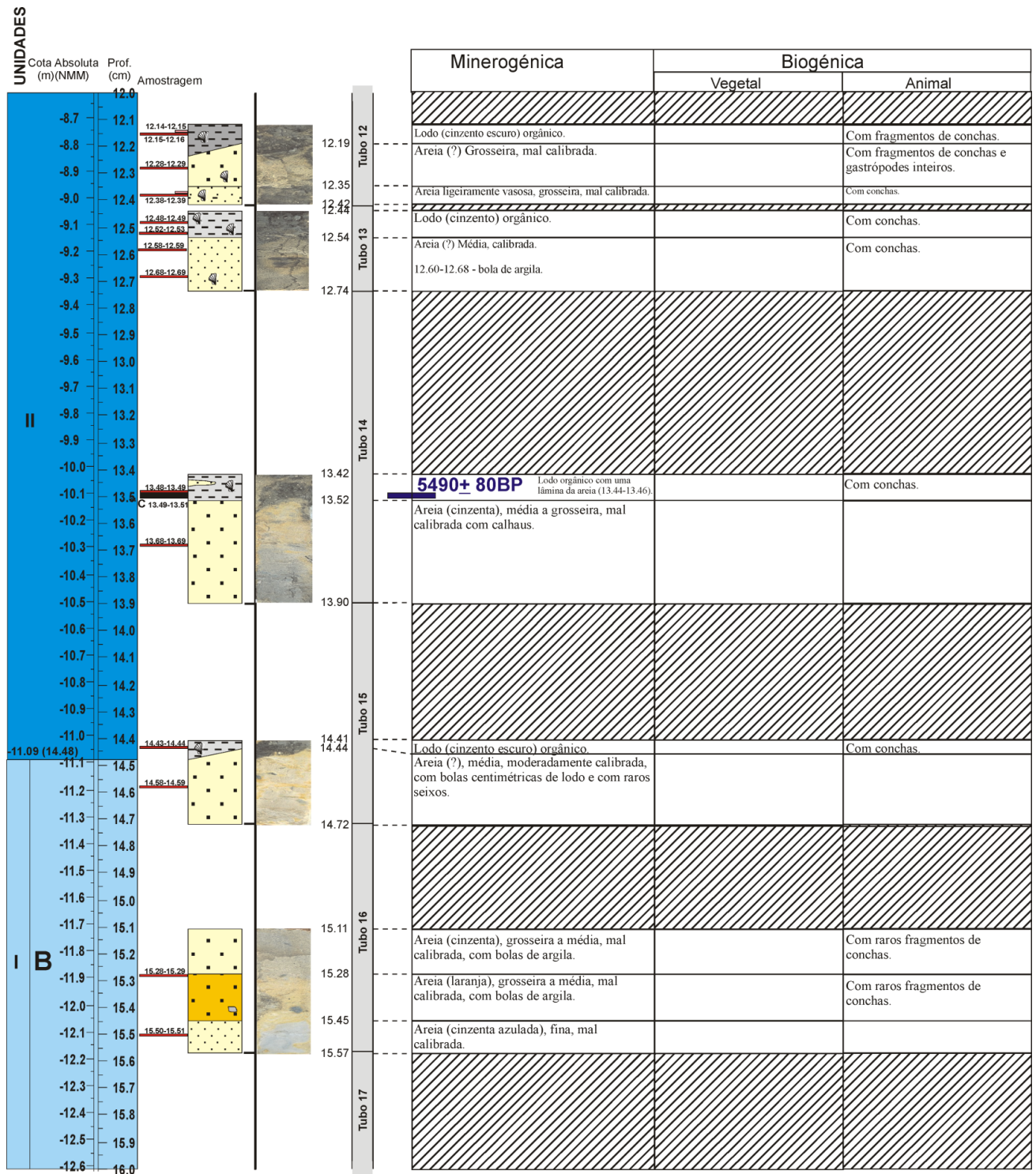




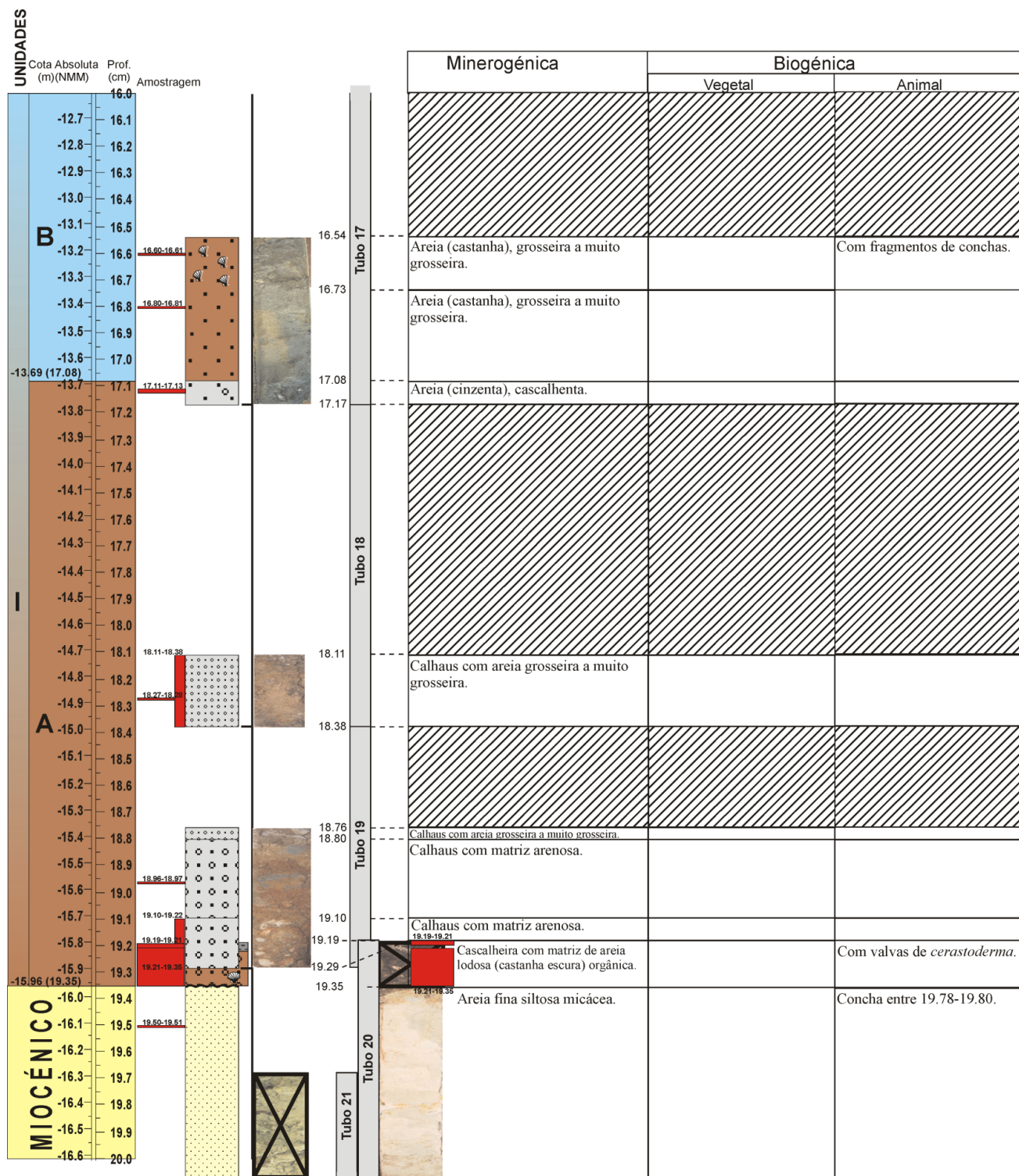


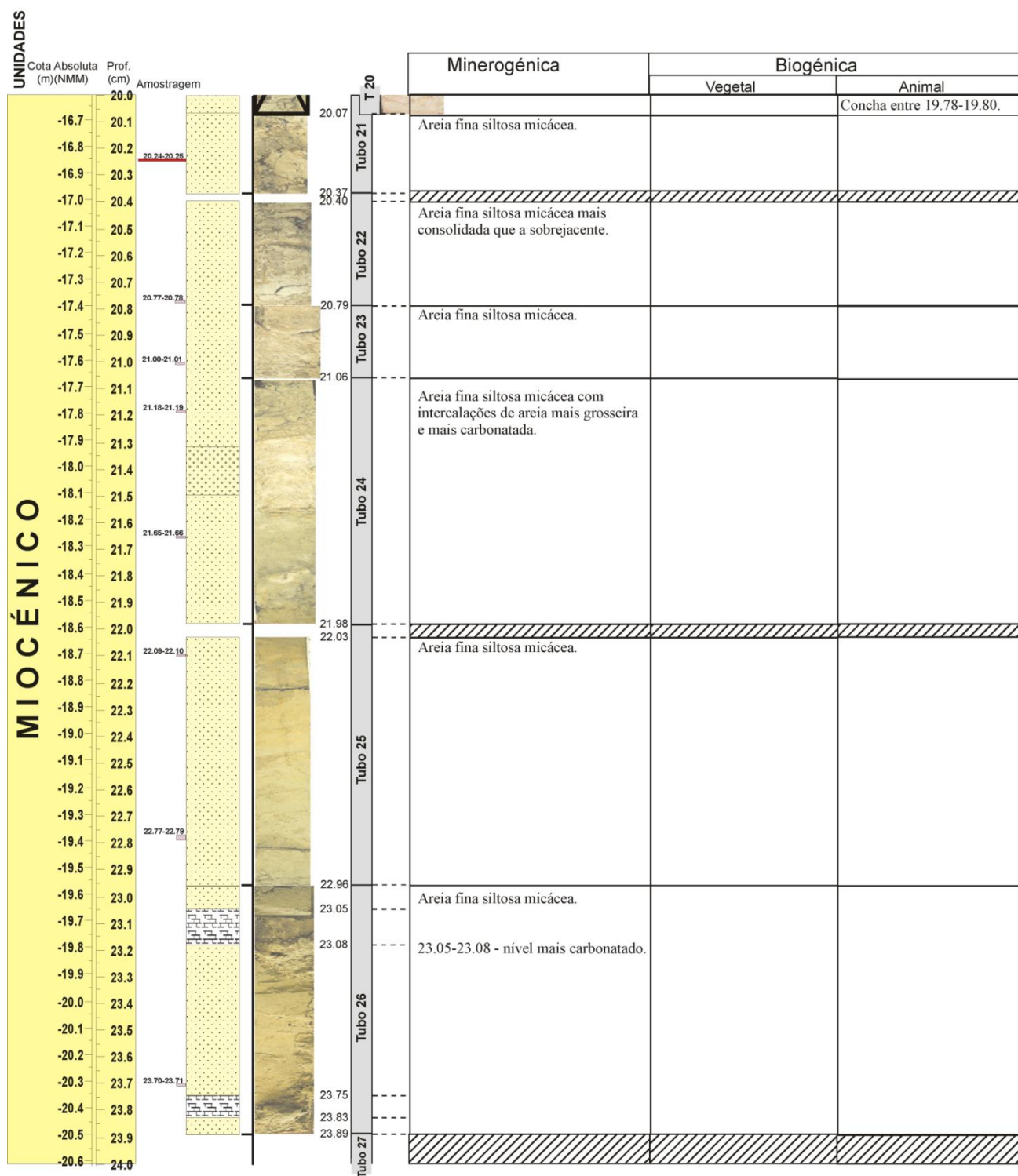


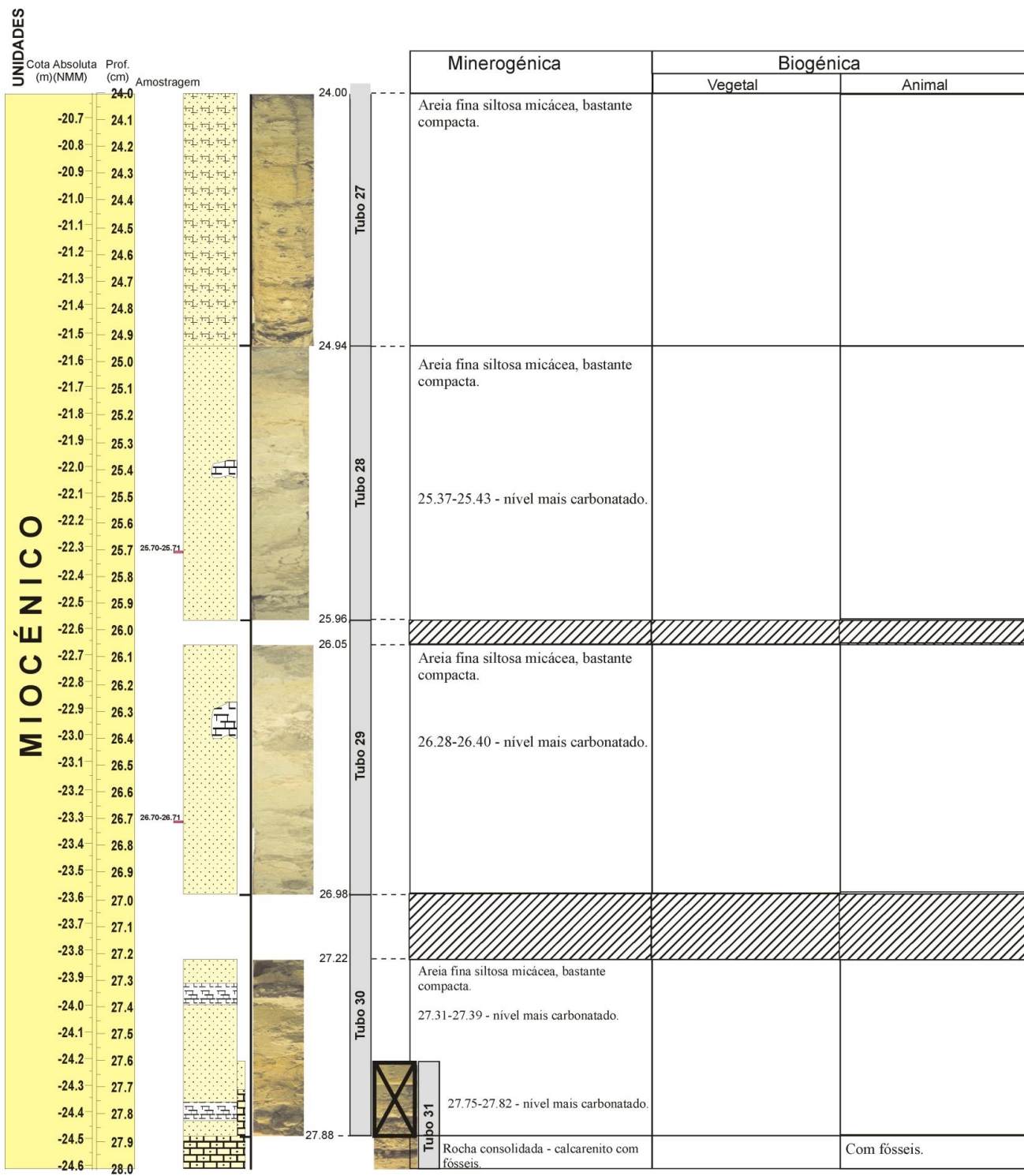






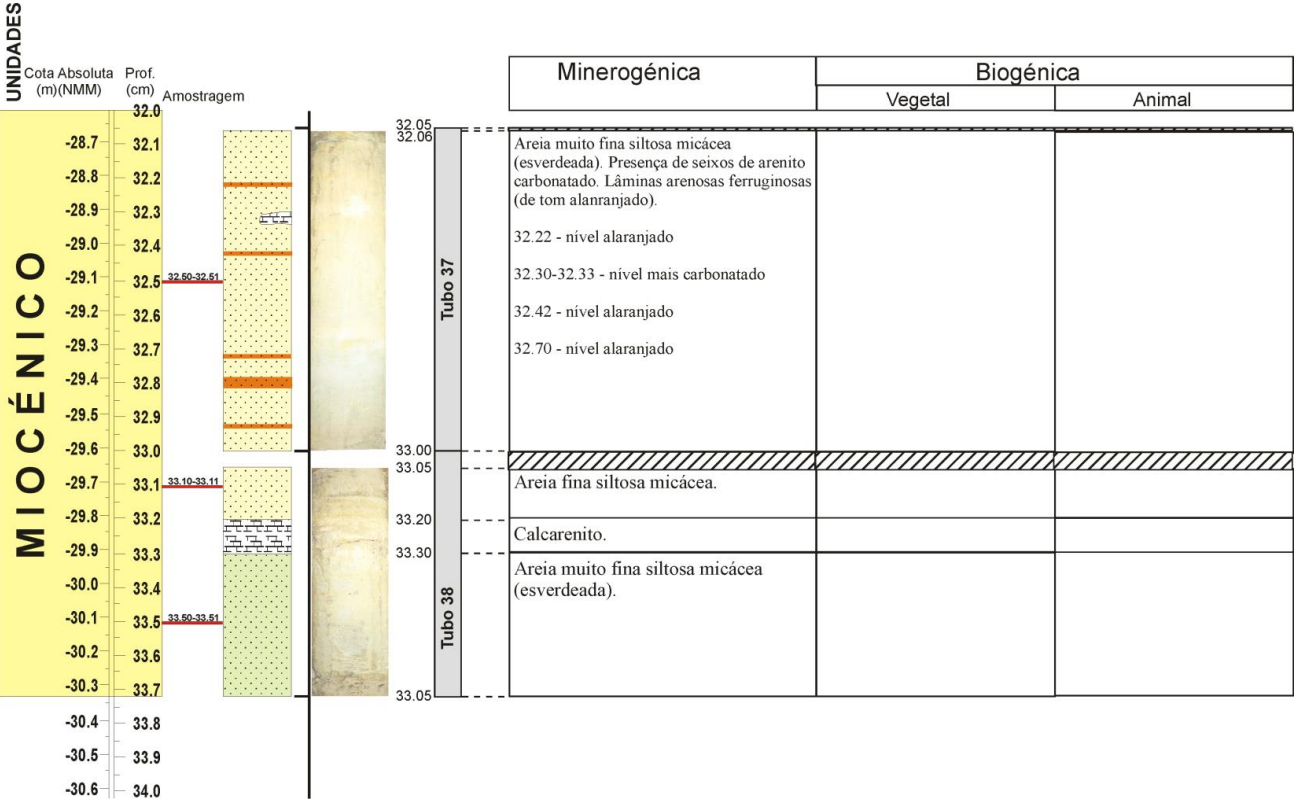














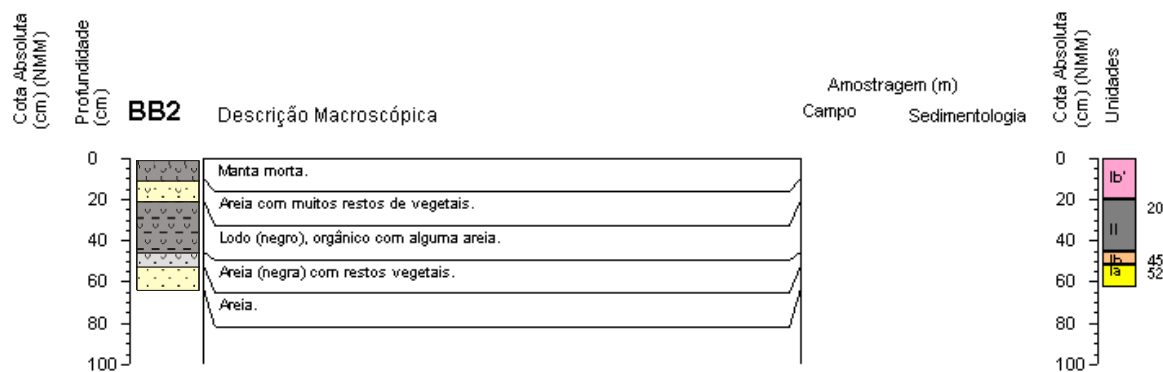
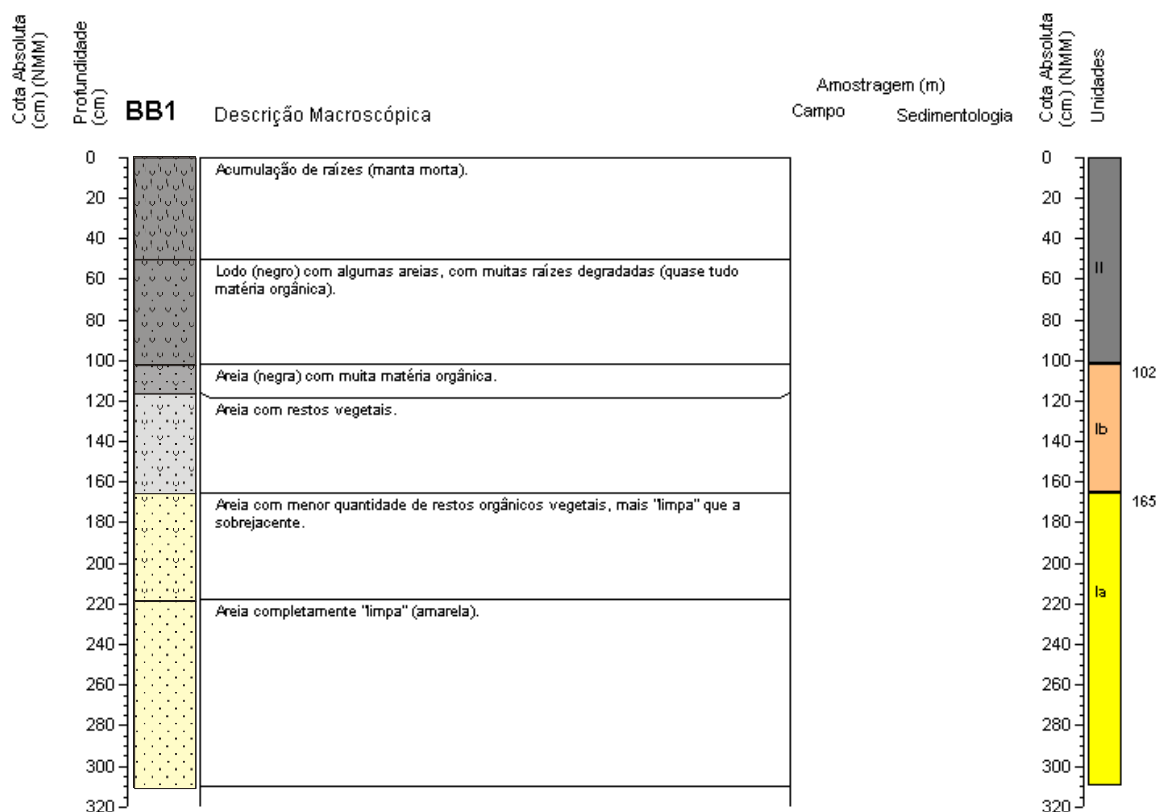
#### **A.IV.2 – POÇO DO BARBAROXA DE BAIXO**

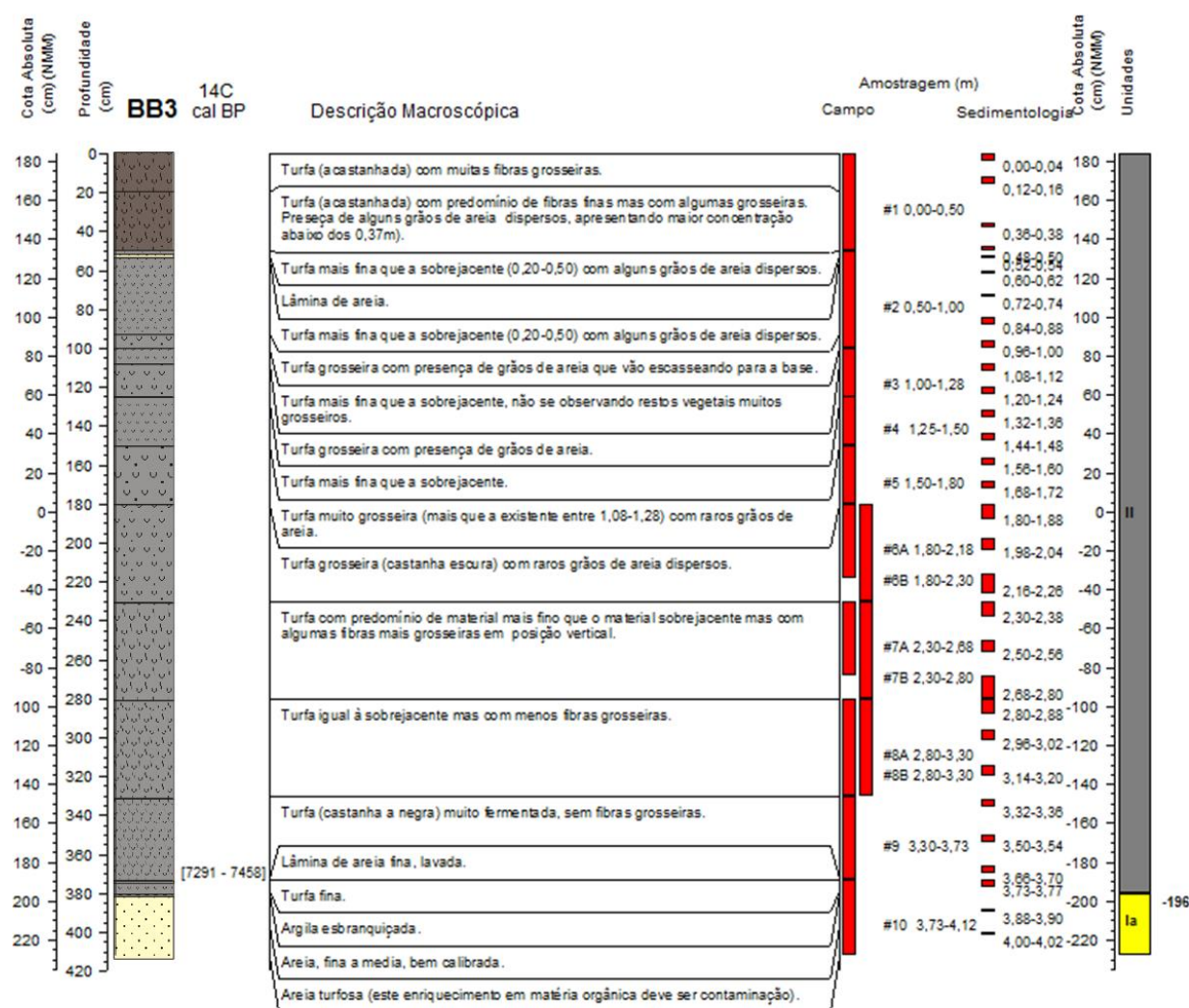


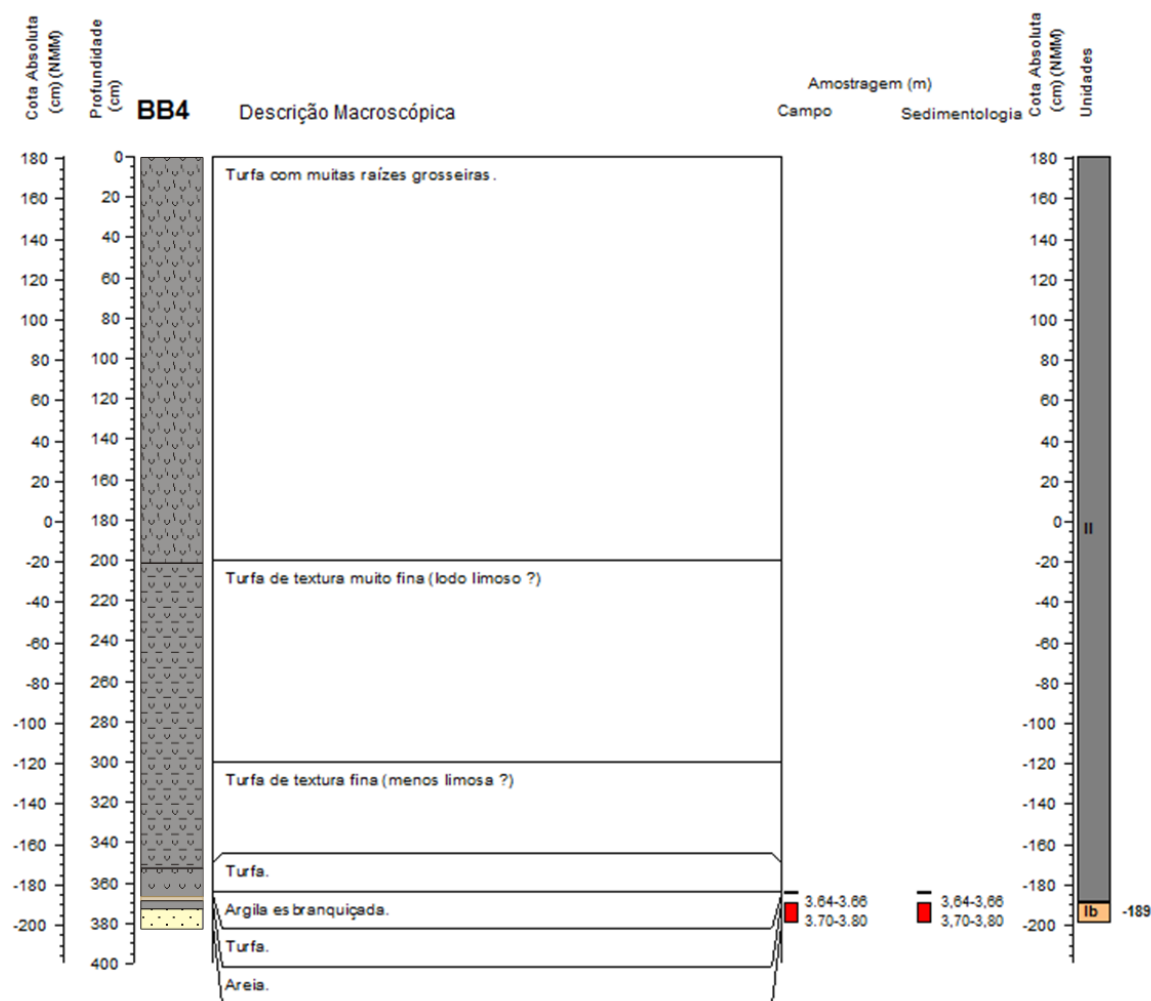


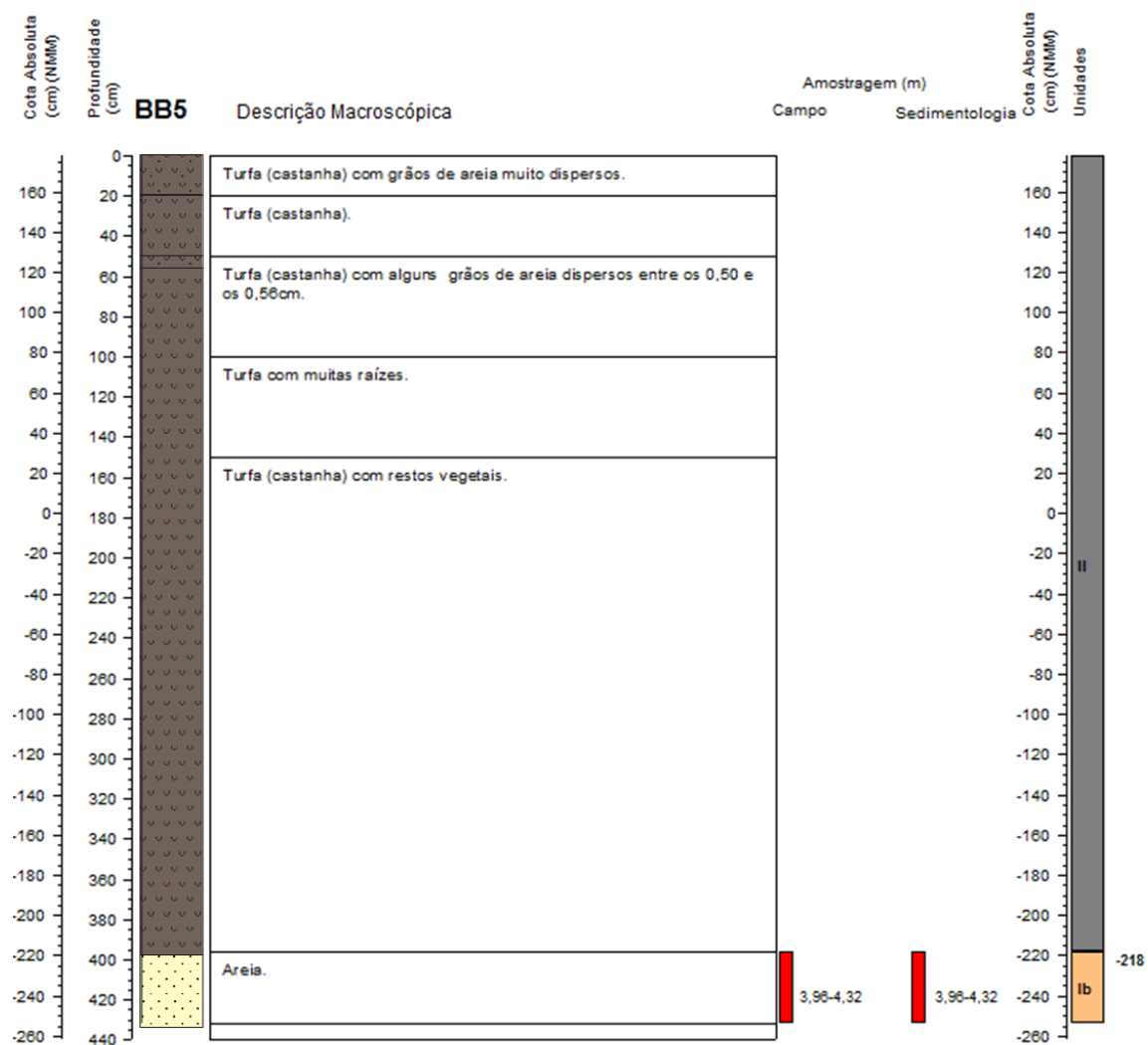
### A.IV.2.1 SONDAGENS BB

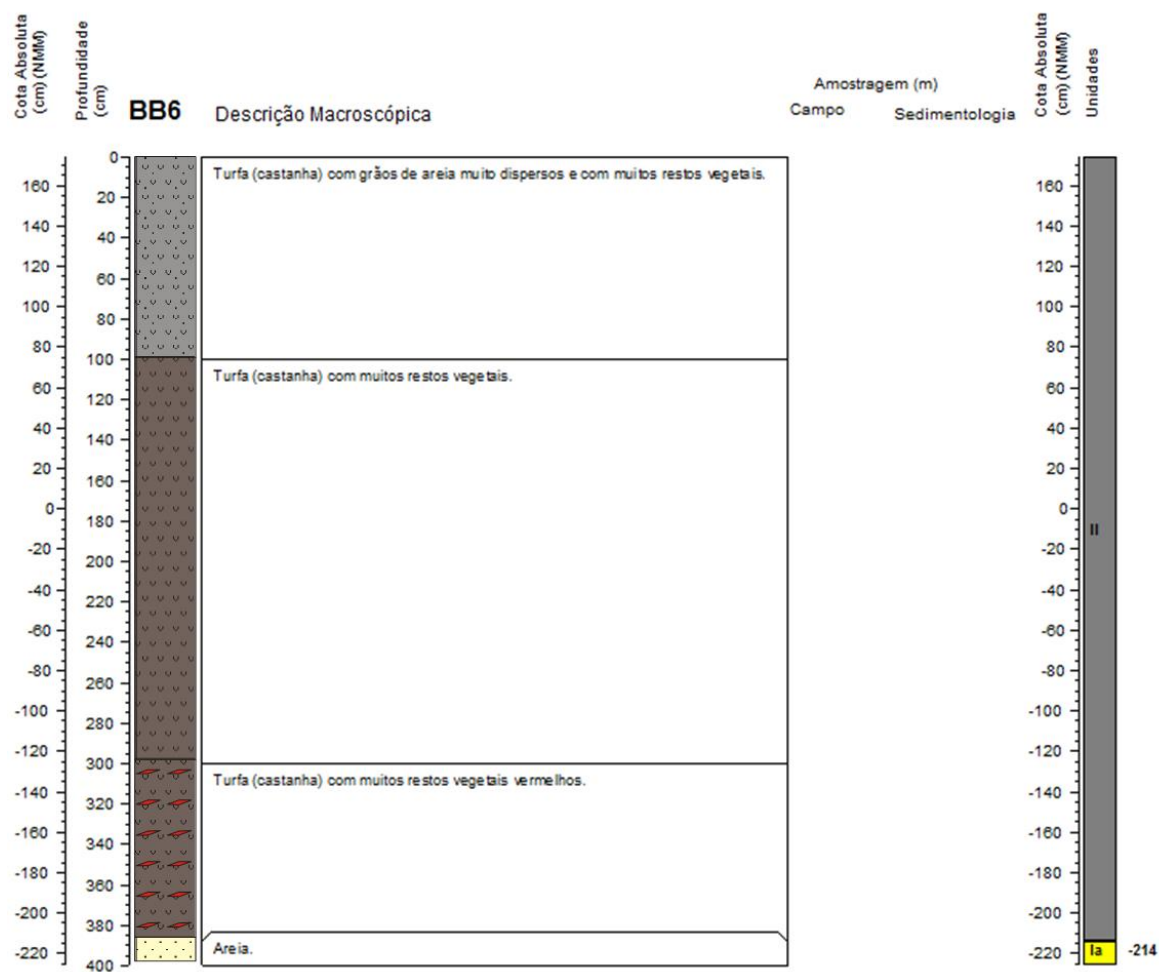
#### A.IV.2.1.1 LOG's com descrição macroscópica

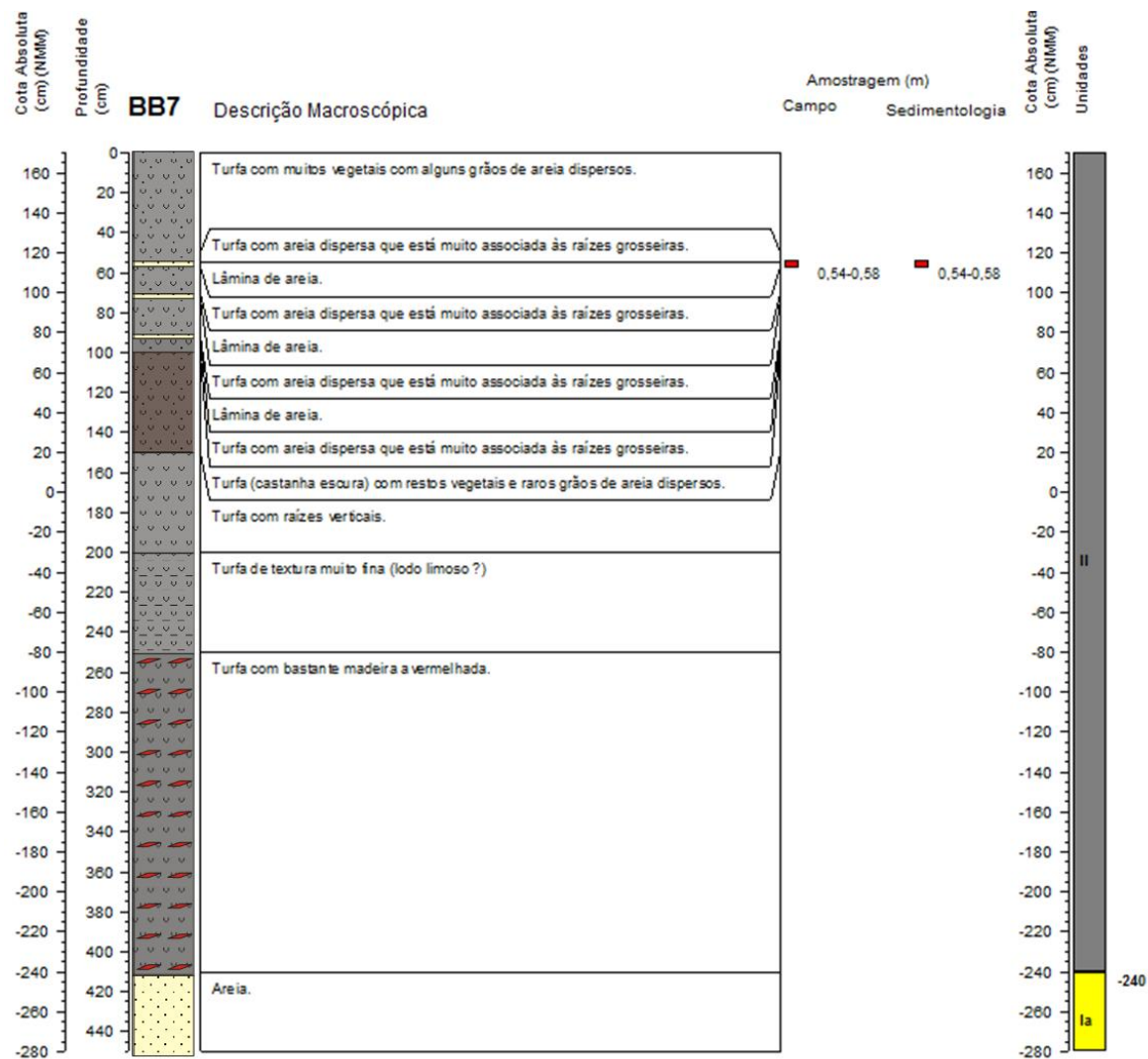




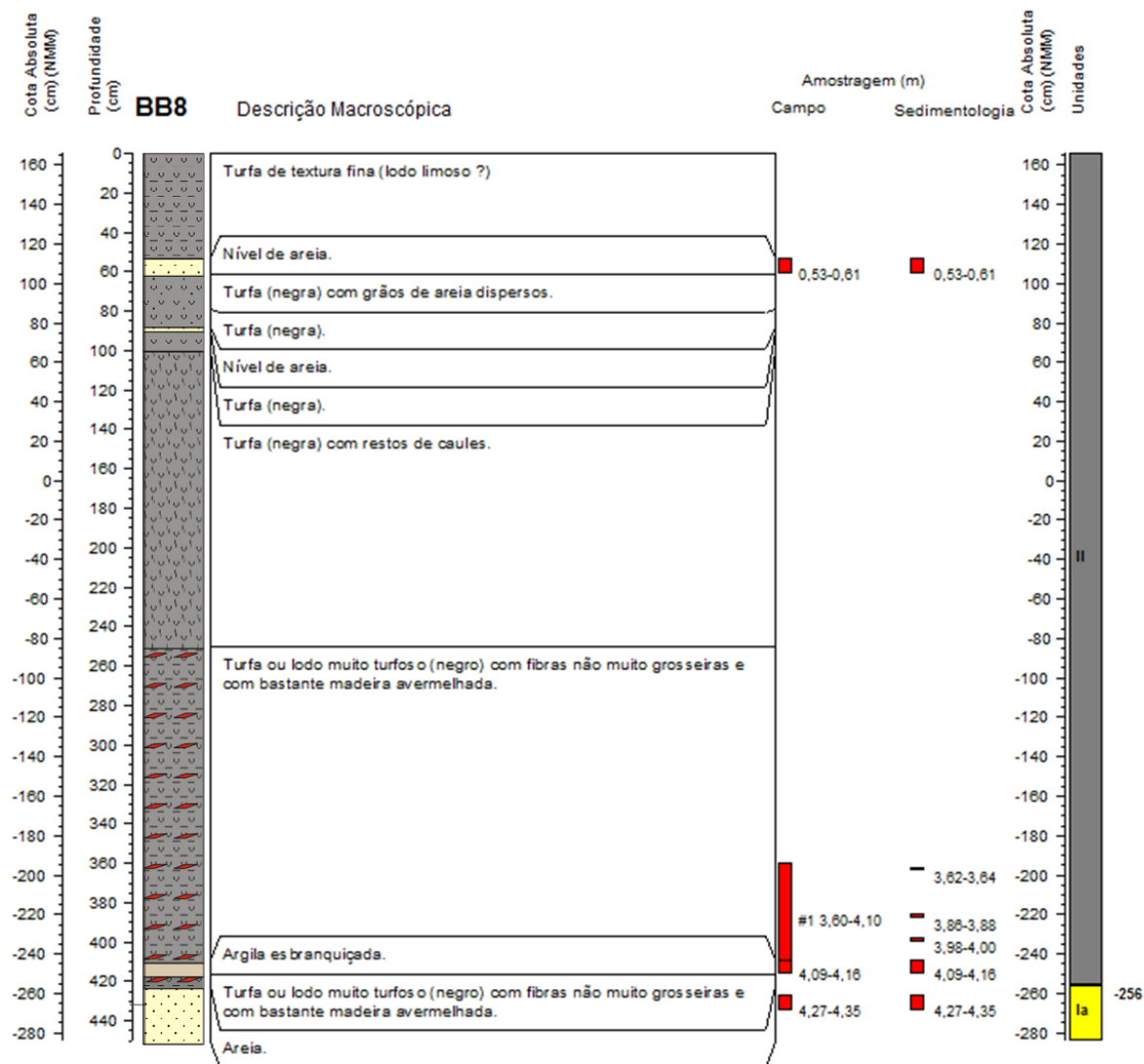


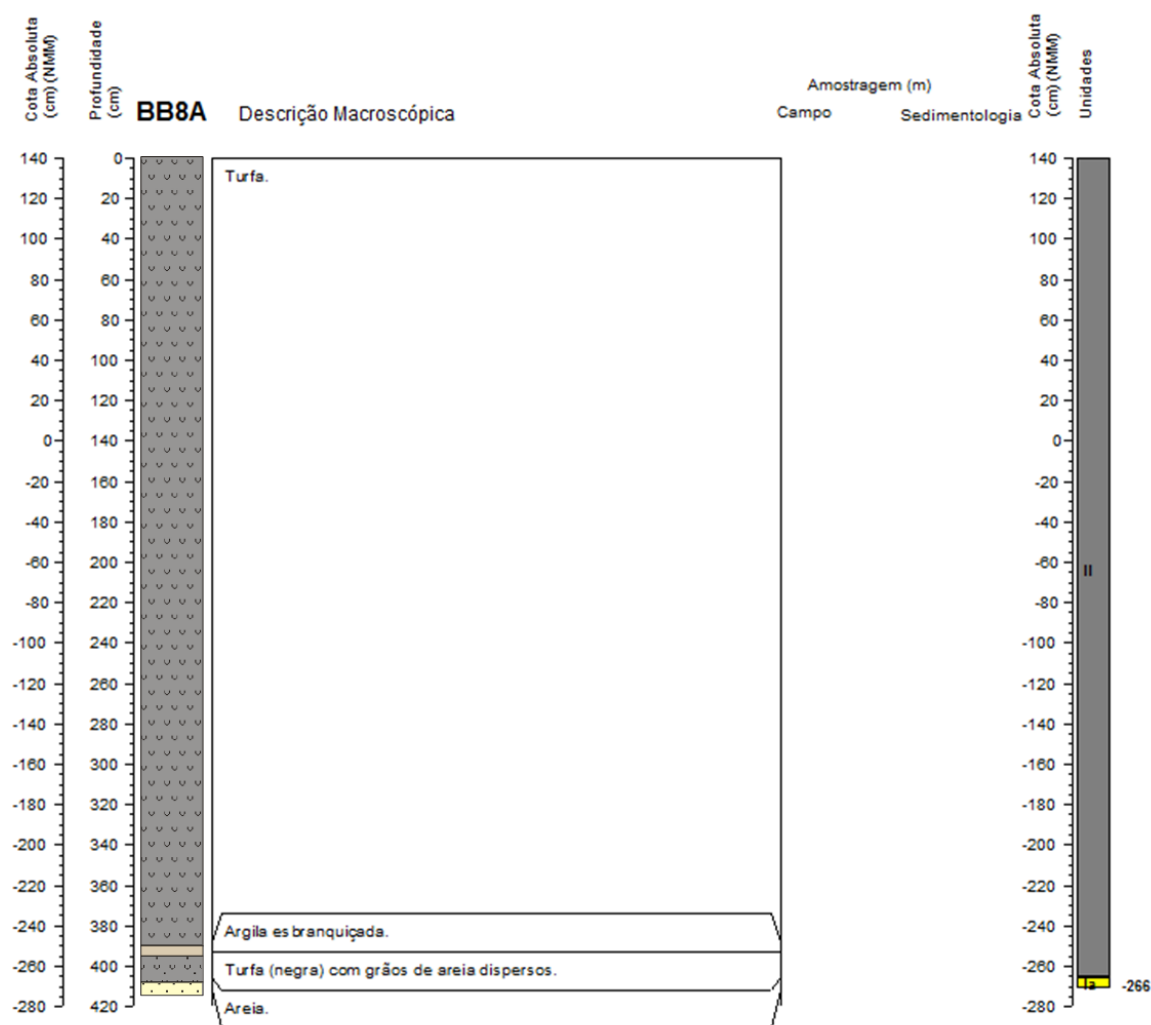


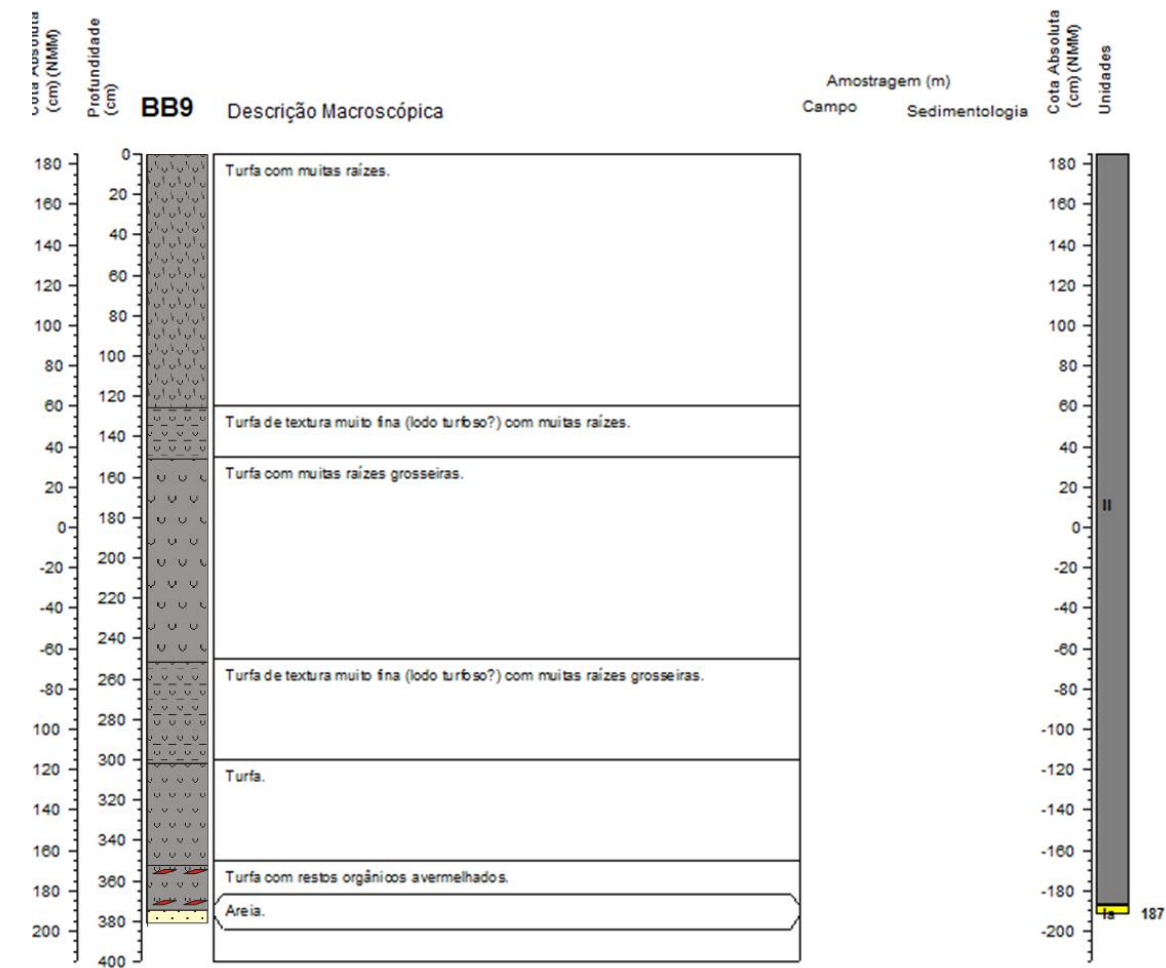


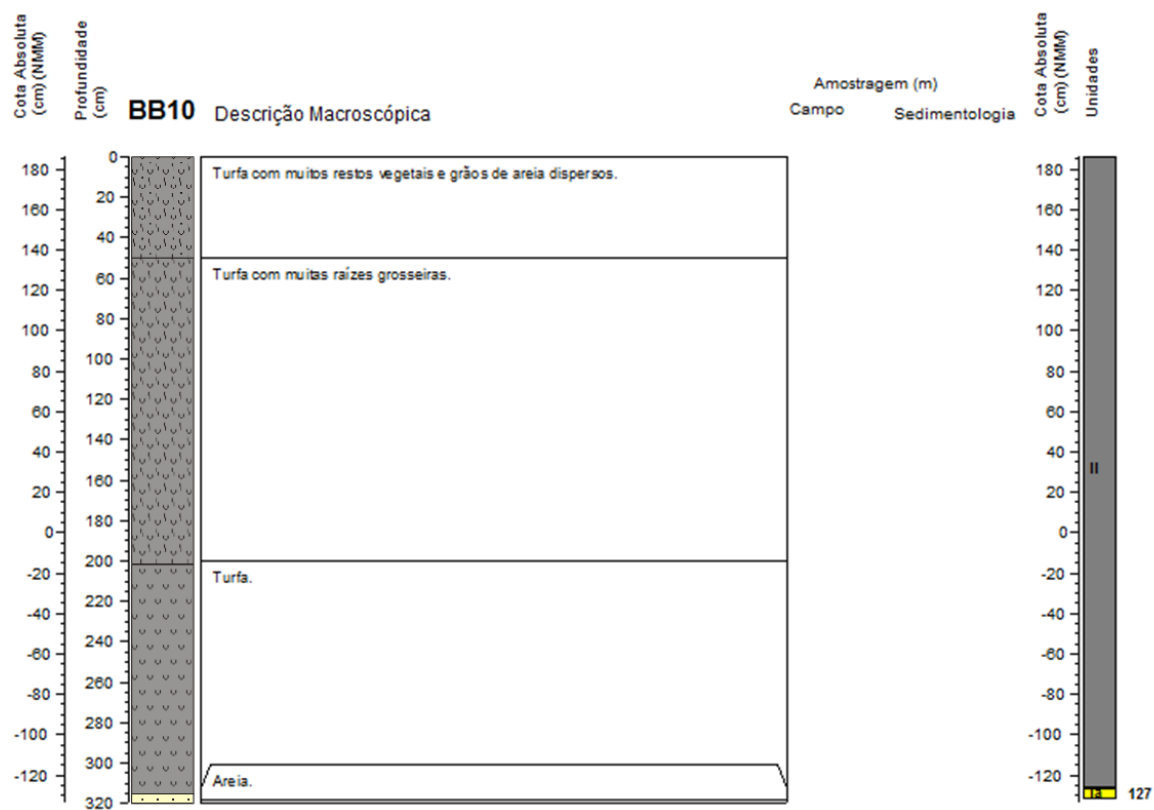


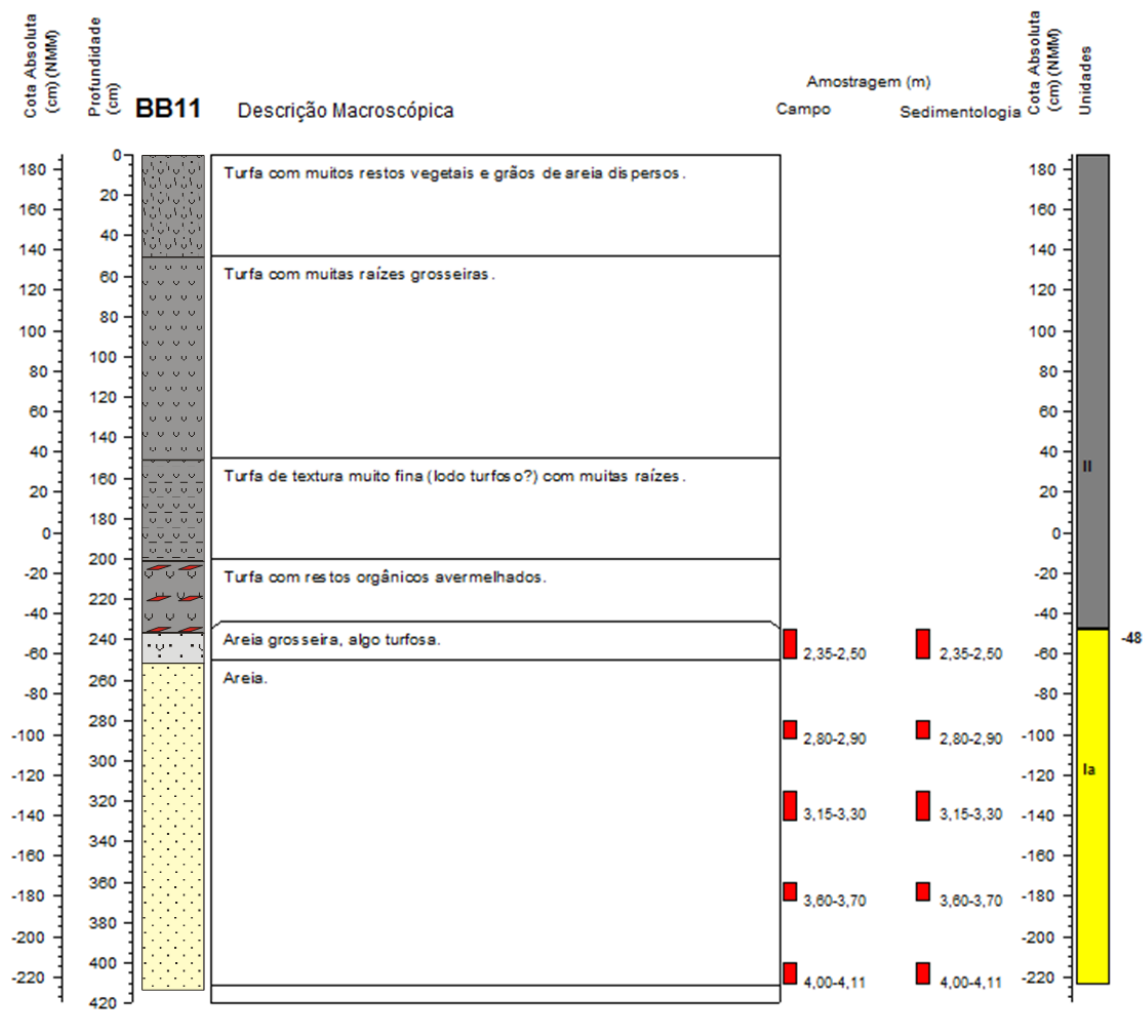


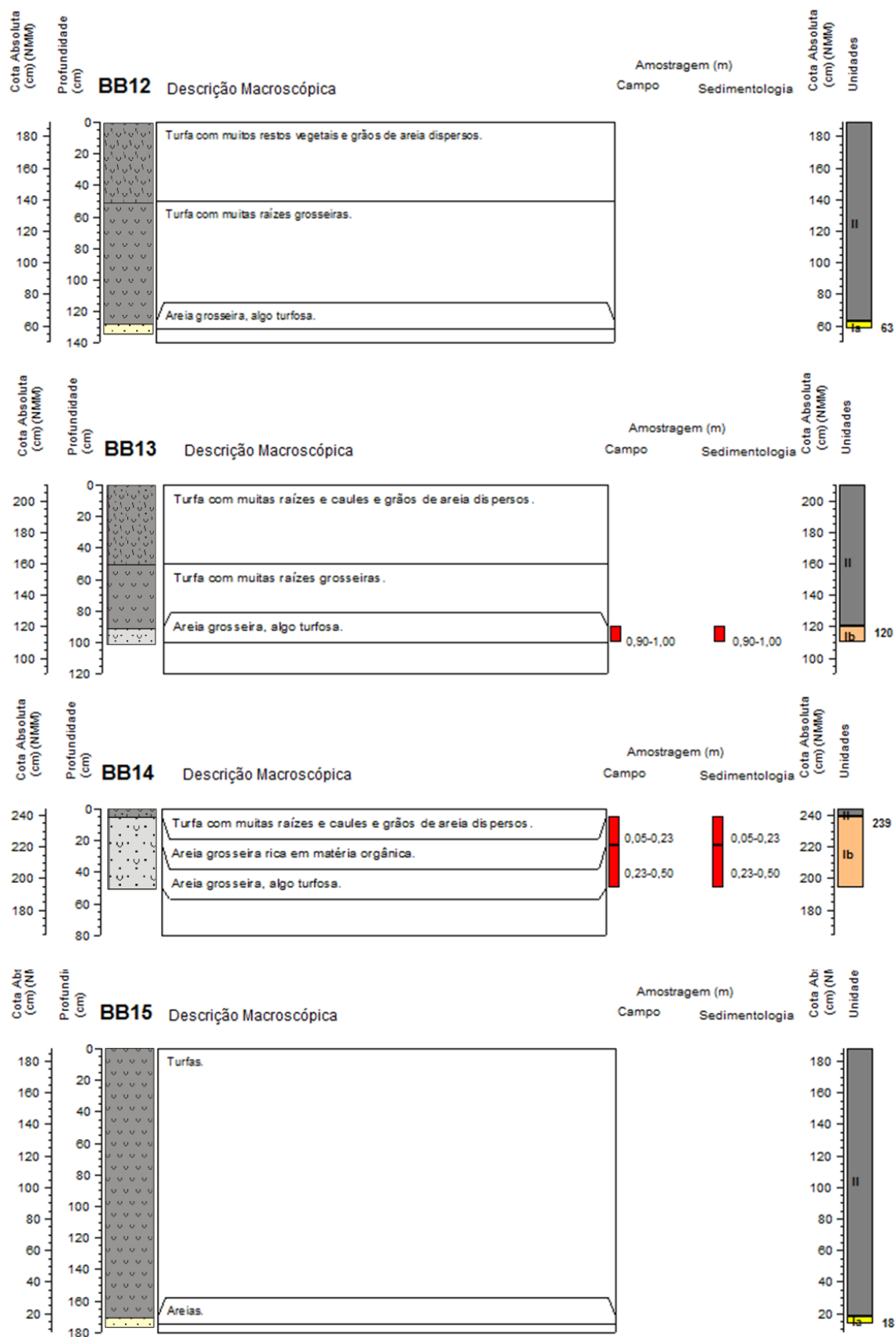
















### A.IV.2.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados nas sondagens BB

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	
					min	máx		
boca do furo (m) (NMM)								
BB1		1,02	1,02	II	0,00	0,50	Acumulação de raízes (manta morta).	
					0,50	1,02	Lodo (negro) com algumas areias, com muitas raízes degradadas (quase tudo matéria orgânica).	
		1,65	0,63	Ib	1,02	1,16	Areia (negra) com muita matéria orgânica.	
					1,16	1,65	Areia com restos vegetais.	
		3,10	1,45	Ia	1,65	2,18	Areia com menor quantidade de restos orgânicos vegetais, mais "limpa" que a sobrejacente.	
					2,18	3,10	Areia completamente "limpa" (amarela).	
boca do furo (m) (NMM)								
BB2		0,20	0,20	Ib'	0,00	0,10	Manta morta.	
					0,10	0,20	Areia com muitos restos de vegetais.	
		0,45	0,25	II	0,20	0,45	Lodo (negro), orgânico com alguma areia.	
					0,45	0,52	Areia (negra) com restos vegetais.	
		0,63	0,11	Ia	0,52	0,63	Areia.	
1,84 boca do furo (m) (NMM)								
BB3		3,80	II	0,00	0,20	Turfa (acastanhada) com muitas fibras grosseiras.		
				0,20	0,50	Turfa (acastanhada) com predomínio de fibras finas mas com algumas grosseiras. Preseça de alguns grãos de areia dispersos, apresentando maior concentração abaixo dos 0,37m).		
				0,50	0,52	Turfa mais fina que a sobrejacente (0,20-0,50) com alguns grãos de areia dispersos.		
				0,52	0,54	Lâmina de areia.		
				0,54	0,93	Turfa mais fina que a sobrejacente (0,20-0,50) com alguns grãos de areia dispersos.		
				0,93	1,00	Turfa grosseira com presença de grãos de areia que vão escasseando para a base.		
				1,00	1,08	Turfa mais fina que a sobrejacente, não se observando restos vegetais muitos grosseiros.		
				1,08	1,28	Turfa grosseira com presença de grãos de areia.		
				1,28	1,50	Turfa mais fina que a sobrejacente.		
				1,50	1,80	Turfa muito grosseira (mais que a existente entre 1,08-1,28) com raros grãos de areia.		
				1,80	2,30	Turfa grosseira (castanha escura) com raros grãos de areia dispersos.		
				2,30	2,80	Turfa com predomínio de material mais fino que o material sobrejacente mas com algumas fibras mais grosseiras em posição vertical.		
				2,80	3,30	Turfa igual à sobrejacente mas com menos fibras grosseiras.		
				3,30	3,72	Turfa (castanha a negra) muito fermentada, sem fibras grosseiras.		
				3,72	3,73	Lâmina de areia fina, lavada.		
				3,73	3,79	Turfa fina.		
				-1,96	3,80	3,79	3,80	Argila esbranquiçada.
		-2,28	4,12	0,32	Ia	3,80	3,97	Areia, fina a media, bem calibrada.
						3,97	4,12	Areia turfosa (este enriquecimento em matéria orgânica deve ser
	1,81 boca do furo (m) (NMM)							
BB4		3,70	II	0,00	2,00	Turfa com muitas raízes grosseiras.		
				2,00	3,00	Turfa de textura muito fina (lodo limoso ?)		
				3,00	3,50	Turfa de textura fina (menos limosa ?)		
				3,50	3,64	Turfa.		
				3,64	3,66	Argila esbranquiçada.		
	-1,89	3,70	3,66	3,70	Turfa.			
	-1,99	3,80	0,10	Ib	3,70	3,80	Areia.	
1,78 boca do furo (m) (NMM)								
BB5		3,96	II	0,00	0,20	Turfa (castanha) com grãos de areia muito dispersos.		
				0,20	0,50	Turfa (castanha).		
				0,50	1,00	Turfa (castanha) com alguns grãos de areia dispersos entre os 0,50 e os 0,56cm.		
				1,00	1,50	Turfa com muitas raízes.		
				1,50	3,96	Turfa (castanha) com restos vegetais.		
	-2,18	3,96	0,36	Ib	3,96	4,32	Areia.	
-2,54	4,32	0,36						
1,74 boca do furo (m) (NMM)								
BB6		3,88	II	0,00	1,00	Turfa (castanha) com grãos de areia muito dispersos e com muitos restos vegetais.		
				1,00	3,00	Turfa (castanha) com muitos restos vegetais.		
				3,00	3,88	Turfa (castanha) com muitos restos vegetais vermelhos.		
	-2,14	3,88	0,12	Ia	3,88	4,00	Areia.	
-2,26	4,00	0,12						

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA				
					min	máx					
1,70 boca do furo (m) (NMM)											
BB7			4,10	II	0,00	0,5	Turfa com muitos vegetais com alguns grãos de areia dispersos.				
					0,5	0,55	Turfa com areia dispersa que está muito associada às raízes grosseiras.				
					0,55	0,57	Lâmina de areia.				
					0,57	0,71	Turfa com areia dispersa que está muito associada às raízes grosseiras.				
					0,71	0,73	Lâmina de areia.				
					0,73	0,91	Turfa com areia dispersa que está muito associada às raízes grosseiras.				
					0,91	0,93	Lâmina de areia.				
					0,93	1,00	Turfa com areia dispersa que está muito associada às raízes grosseiras.				
					1,00	1,50	Turfa (castanha escura) com restos vegetais e raros grãos de areia dispersos				
					1,50	2,00	Turfa com raízes verticais.				
					2,00	2,50	Turfa de textura muito fina (lodo limoso ?)				
					2,50	4,10	Turfa com bastante madeira avermelhada.				
	-2,40	4,10									
-2,80	4,50	0,40	la	4,10	4,50	Areia.					
1,66 boca do furo (m) (NMM)											
BB8			4,22	II	0,00	0,53	Turfa de textura fina (lodo limoso ?)				
					0,53	0,61	Nível de areia.				
					0,61	0,79	Turfa (negra) com grãos de areia dispersos.				
					0,79	0,88	Turfa (negra).				
					0,88	0,90	Nível de areia.				
					0,90	1,00	Turfa (negra).				
					1,00	2,50	Turfa (negra) com restos de caules.				
					2,50	4,09	Turfa ou lodo muito turfoso (negro) com fibras não muito grosseiras e com bastante madeira avermelhada.				
					4,09	4,16	Argila esbranquiçada.				
					4,16	4,22	Turfa ou lodo muito turfoso (negro) com fibras não muito grosseiras e com bastante madeira avermelhada.				
					-2,56	4,22					
					-2,84	4,50	0,28	la	4,22	4,50	Areia.
	1,40 boca do furo (m) (NMM)										
BB8A			4,06	II	0,00	3,88	Turfa.				
					3,88	3,93	Argila esbranquiçada.				
					3,93	4,06	Turfa (negra) com grãos de areia dispersos.				
	-2,71	4,11	0,05	la	4,06	4,11	Areia.				
1,85 boca do furo (m) (NMM)											
BB9			3,72	II	0,00	1,25	Turfa com muitas raízes.				
					1,25	1,50	Turfa de textura muito fina (lodo turfoso?) com muitas raízes.				
					1,50	2,50	Turfa com muitas raízes grosseiras.				
					2,50	3,00	Turfa de textura muito fina (lodo turfoso?) com muitas raízes grosseiras.				
					3,00	3,50	Turfa.				
					3,50	3,72	Turfa com restos orgânicos avermelhados.				
	-1,87	3,72									
-1,92	3,77	0,05	la	3,72	3,77	Areia.					
1,86 boca do furo (m) (NMM)											
BB10			3,13	II	0,00	0,5	Turfa com muitos restos vegetais e grãos de areia dispersos.				
					0,5	2,00	Turfa com muitas raízes grosseiras.				
					2,00	3,13	Turfa.				
	-1,32	3,18	0,05	la	3,13	3,18	Areia.				
1,87 boca do furo (m) (NMM)											
BB11			2,35	II	0,00	0,50	Turfa com muitos restos vegetais e grãos de areia dispersos.				
					0,50	1,50	Turfa com muitas raízes grosseiras.				
					1,50	2,00	Turfa de textura muito fina (lodo turfoso?) com muitas raízes.				
					2,00	2,35	Turfa com restos orgânicos avermelhados.				
					2,35	2,50	Areia grosseira, algo turfosa.				
					2,50	4,11	Areia.				
	-0,48	2,35									
-2,24	4,11	1,76	la								
1,89 boca do furo (m) (NMM)											
BB12			1,26	II	0,00	0,50	Turfa com muitos restos vegetais e grãos de areia dispersos.				
					0,50	1,26	Turfa com muitas raízes grosseiras.				
	0,58	1,31	0,05	la	1,26	1,31	Areia grosseira, algo turfosa.				
2,10 boca do furo (m) (NMM)											
BB13			0,90	II	0,00	0,50	Turfa com muitas raízes e caules e grãos de areia dispersos.				
					0,50	0,90	Turfa com muitas raízes grosseiras.				
	1,10	1,00	0,10	lb	0,90	1,00	Areia grosseira, algo turfosa.				
2,44 boca do furo (m) (NMM)											
BB14			0,05	II	0,00	0,05	Turfa com muitas raízes e caules e grãos de areia dispersos.				
					0,05	0,23	Areia grosseira rica em matéria orgânica.				
	1,94	0,50	0,45	lb	0,23	0,50	Areia grosseira, algo turfosa.				
1,88 boca do furo (m) (NMM)											
BB15			1,70	II	0,00	1,70	Turfas.				
					0,13	1,75	0,05	la	1,70	1,75	Areias.
considerado a média em boca do furo (m) (NMM)											
BB15			1,70	II	0,00	1,70	Turfas.				
					0,13	1,75	0,05	la	1,70	1,75	Areias.

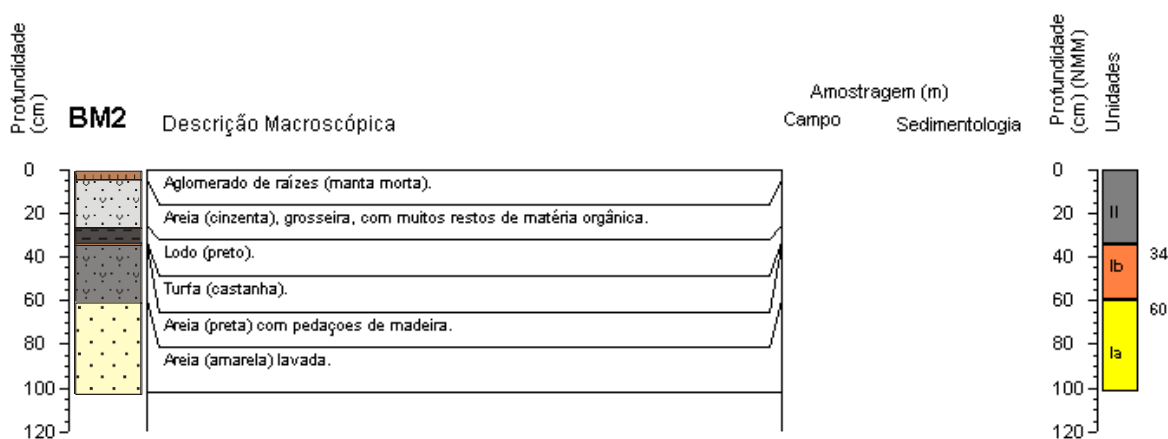
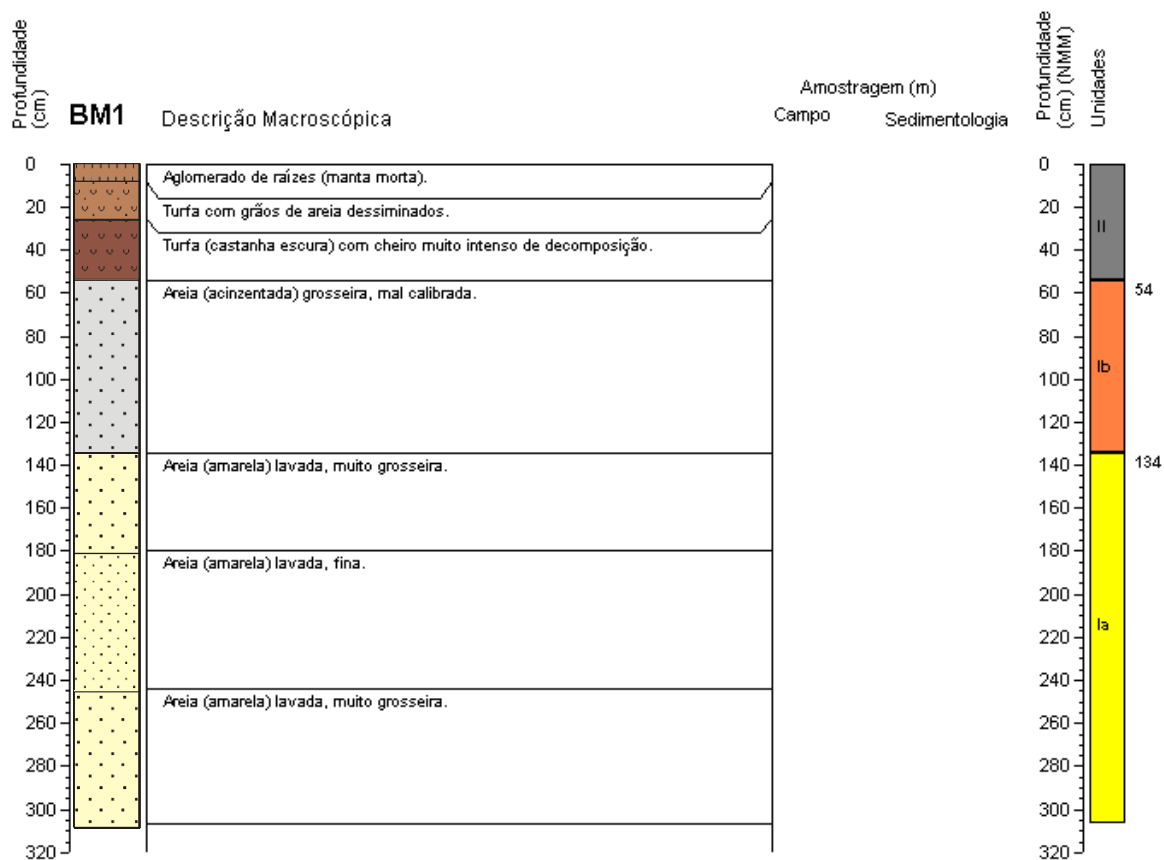


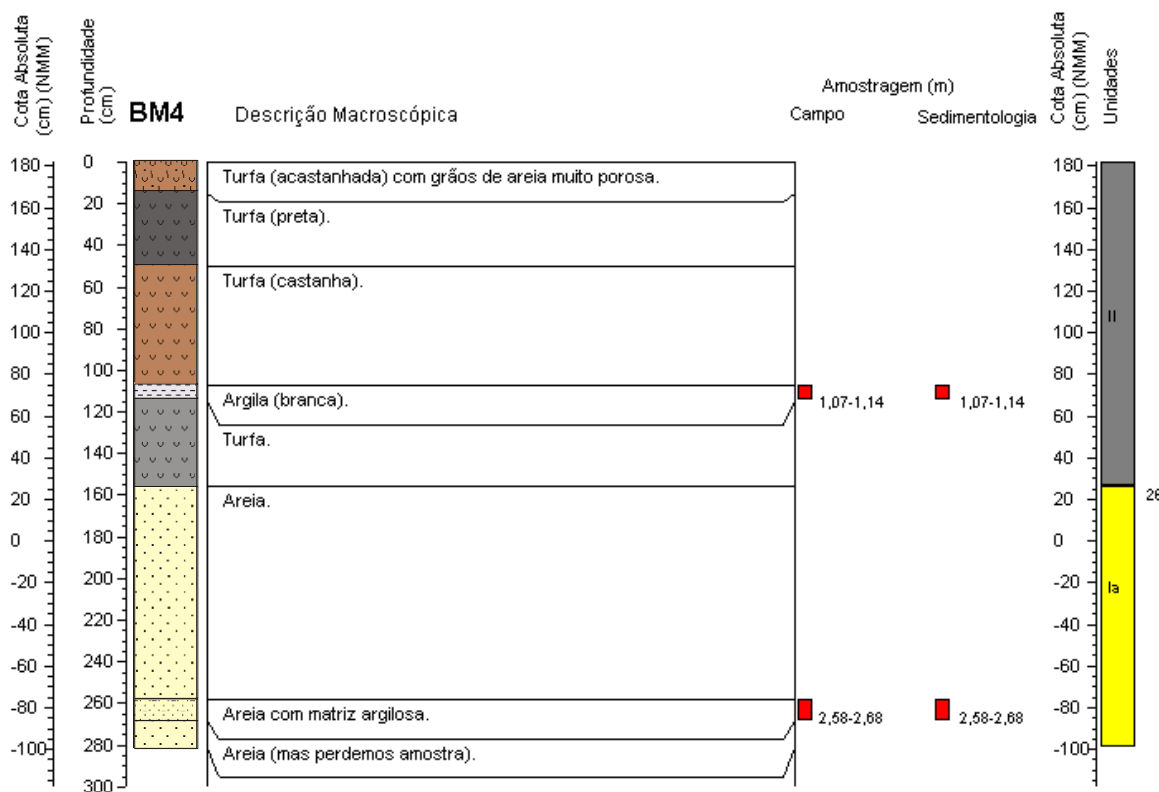
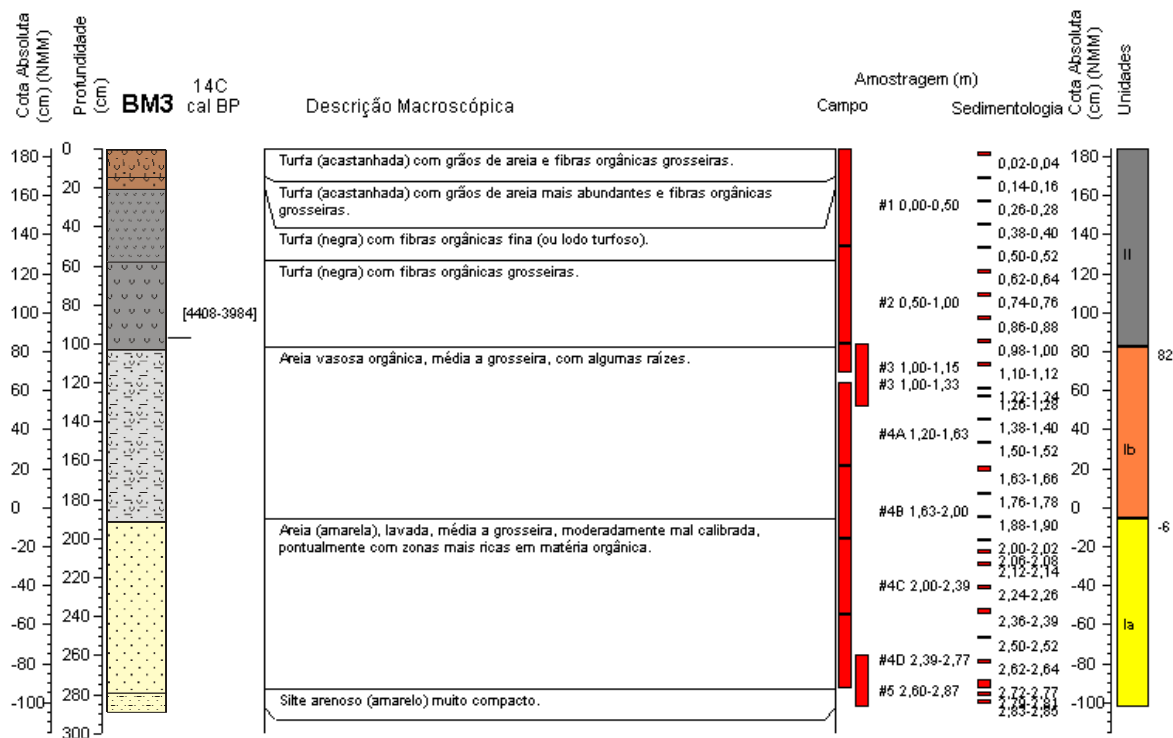
**A.IV.3 – POÇO DO BARBAROXA DO MEIO**



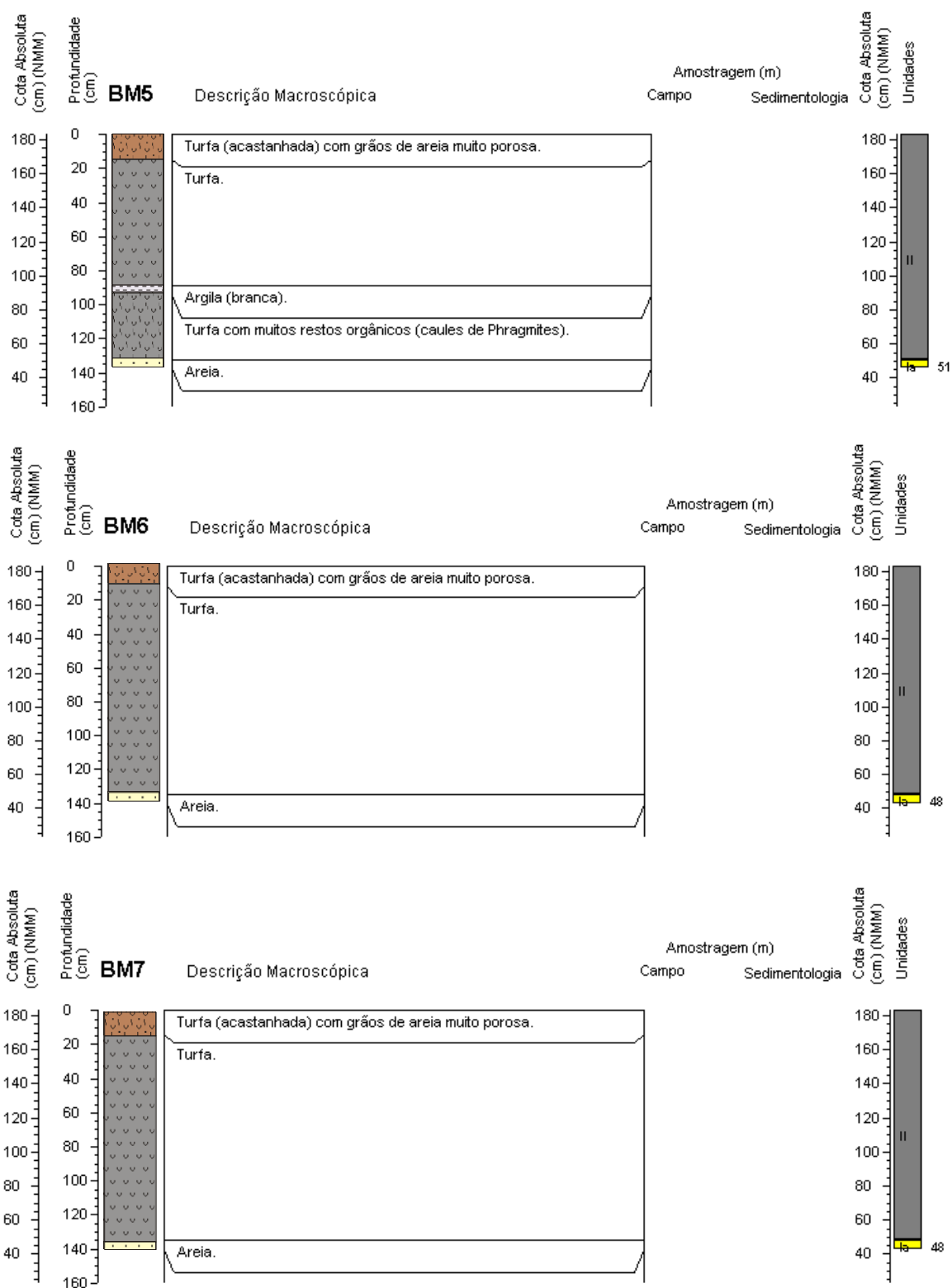
### A.IV.3.1 SONDAGENS BM

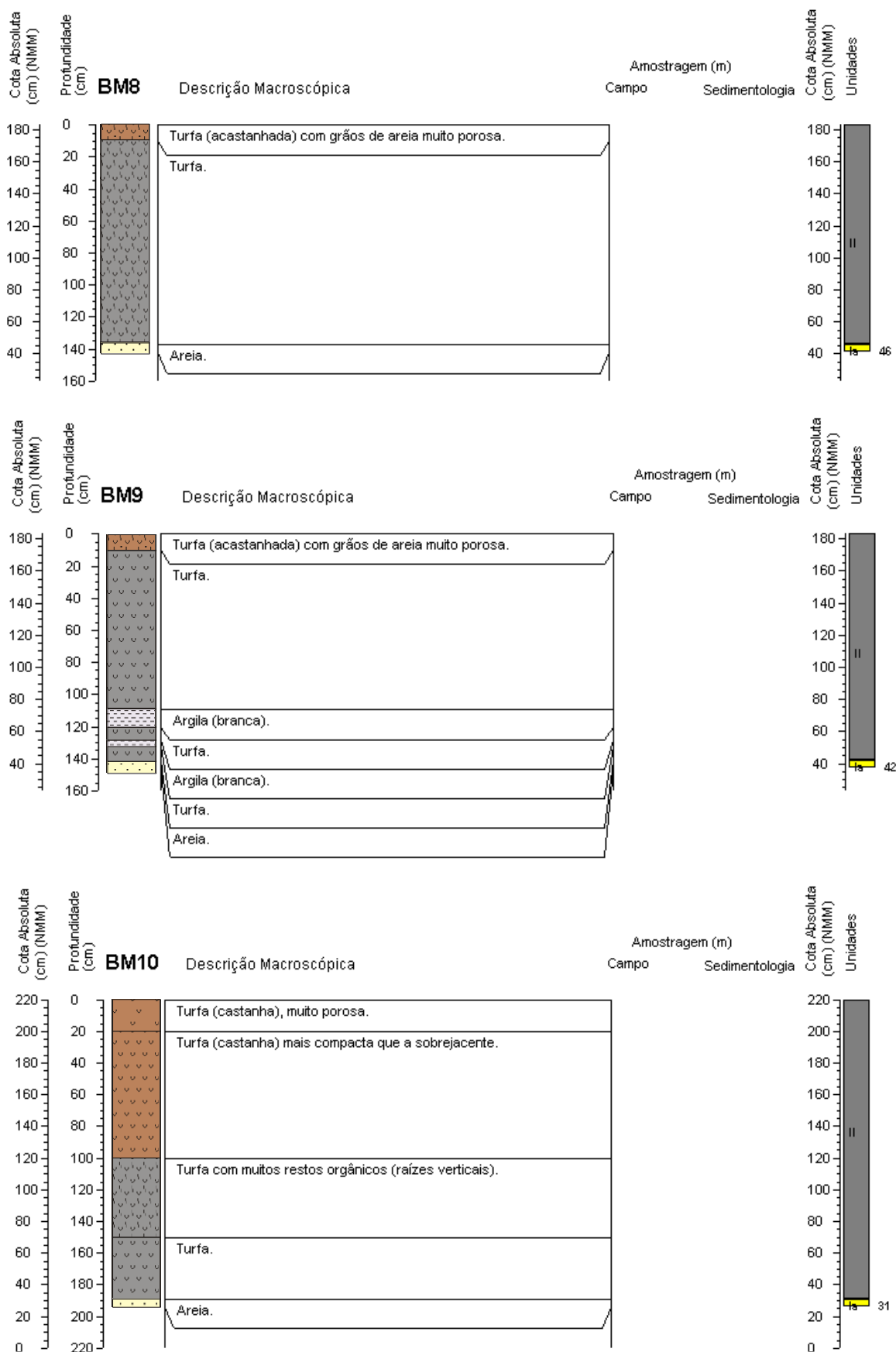
#### A.IV.3.1.1 LOG's com descrição macroscópica

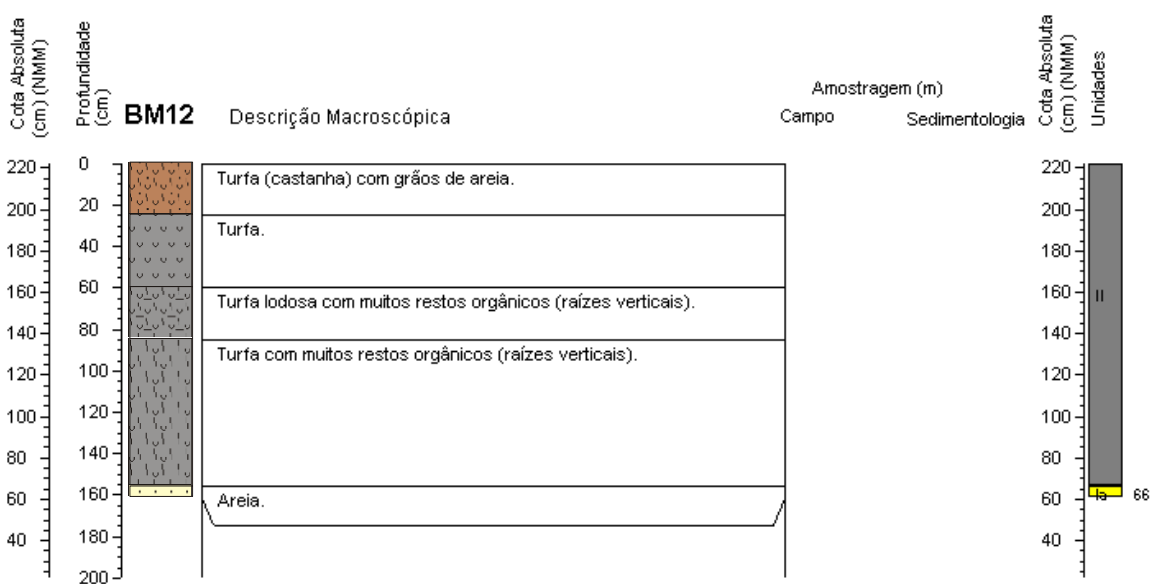
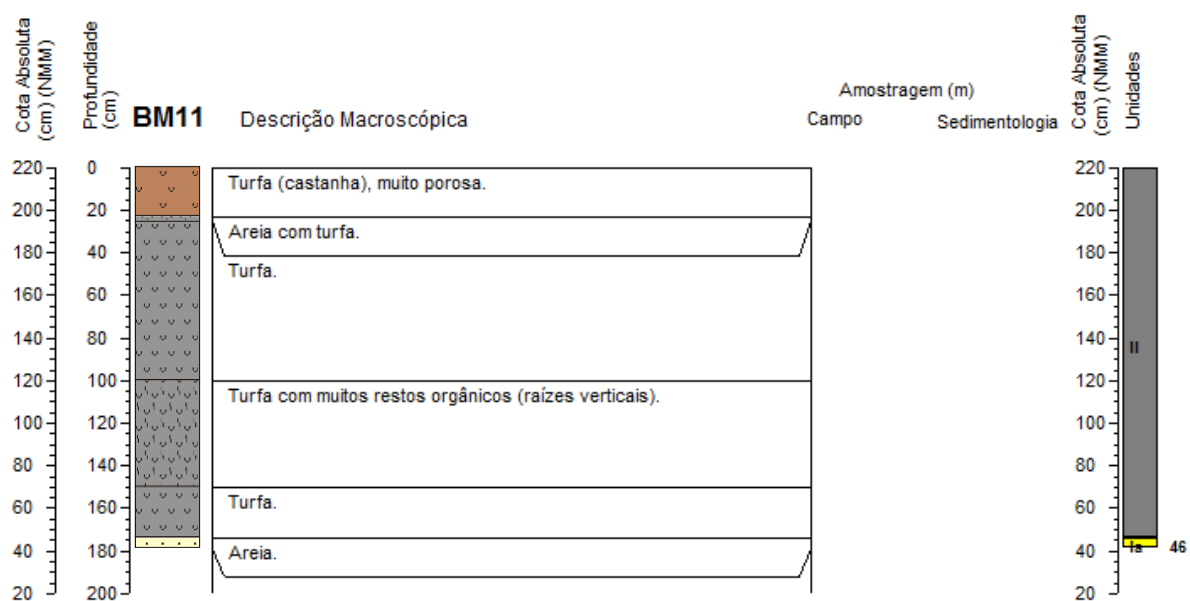


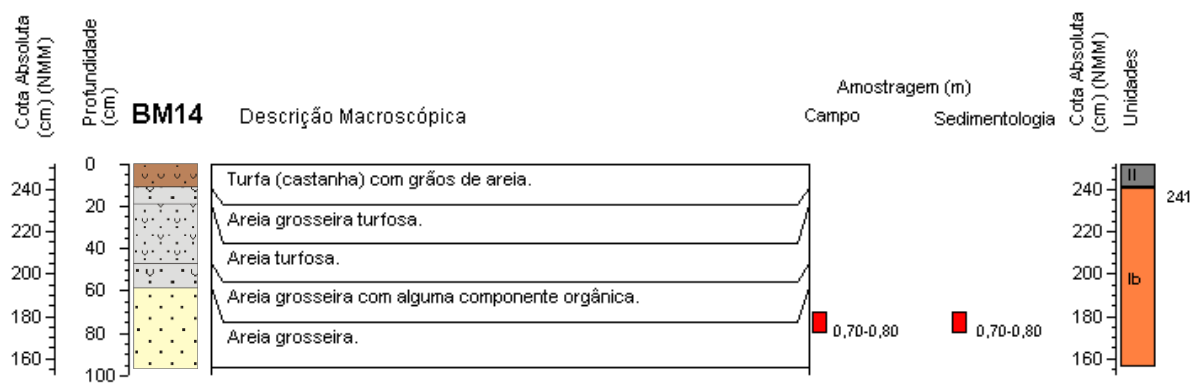
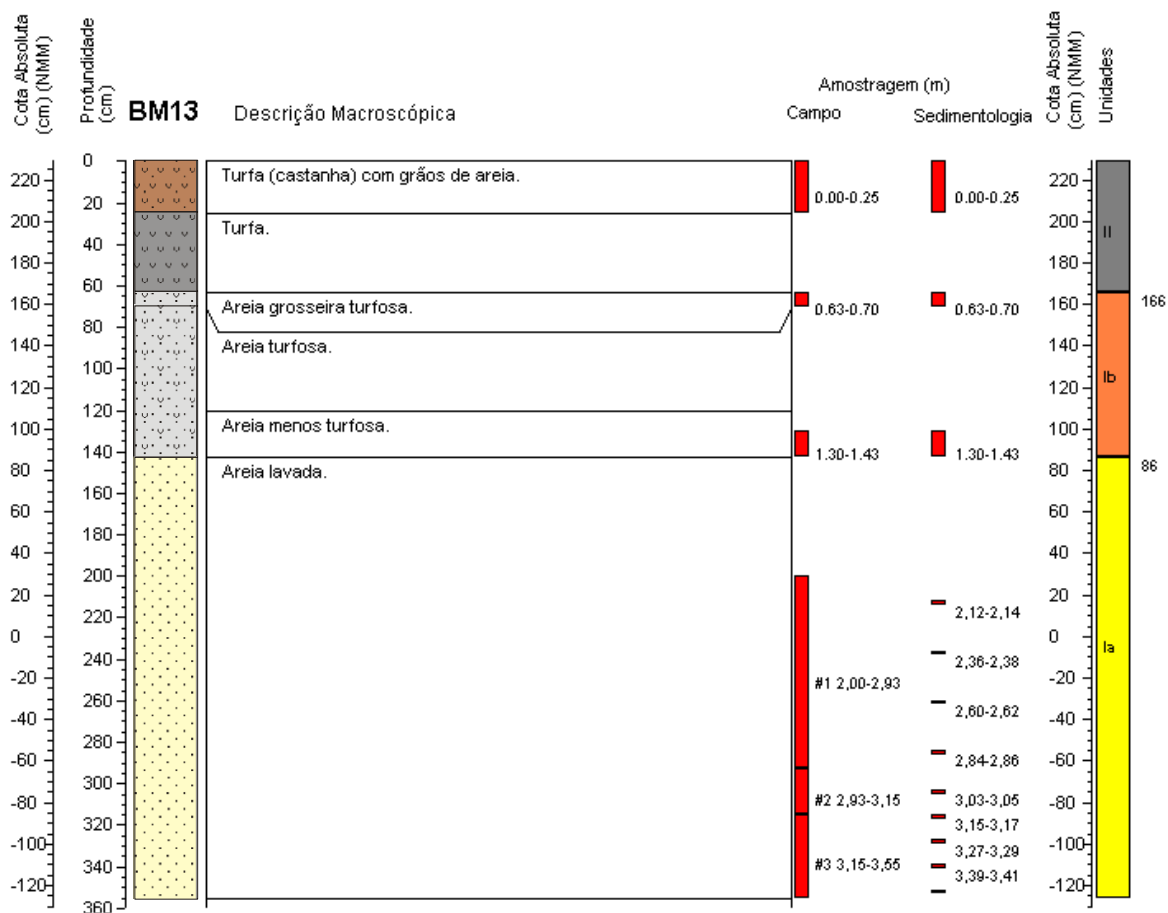


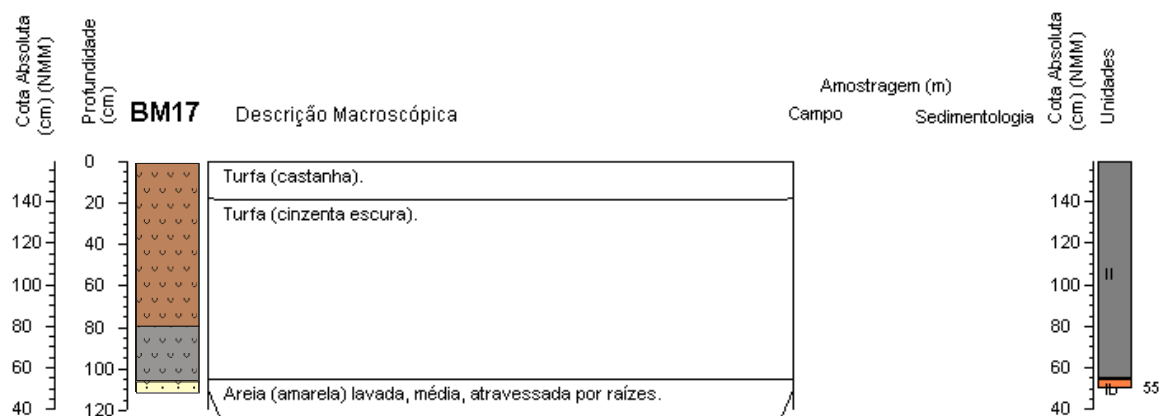
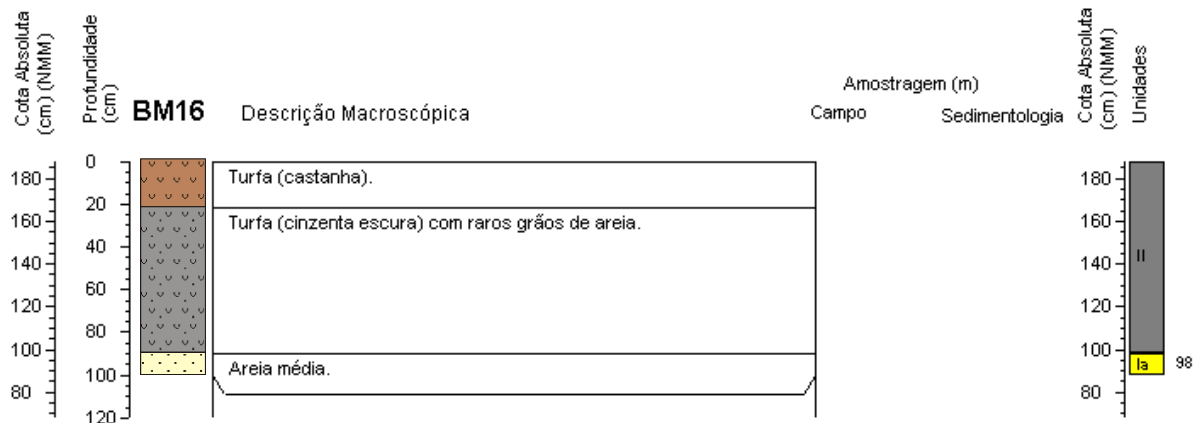
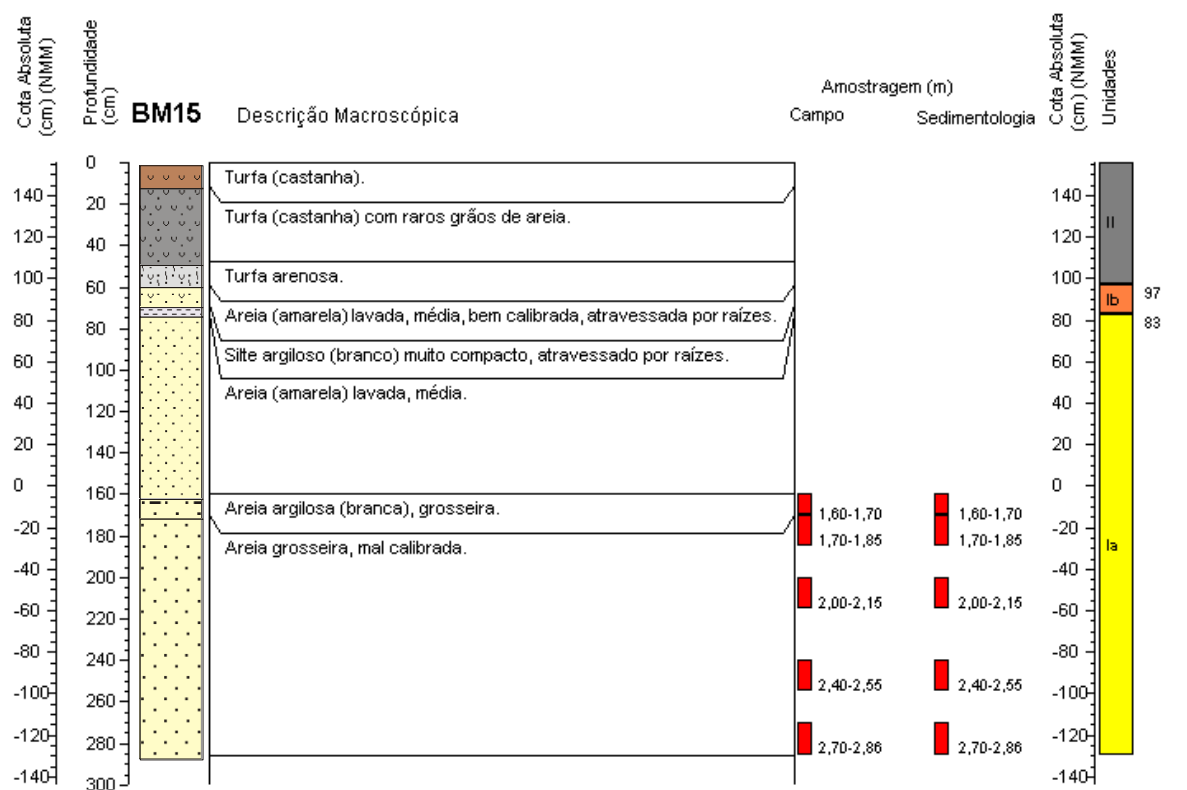


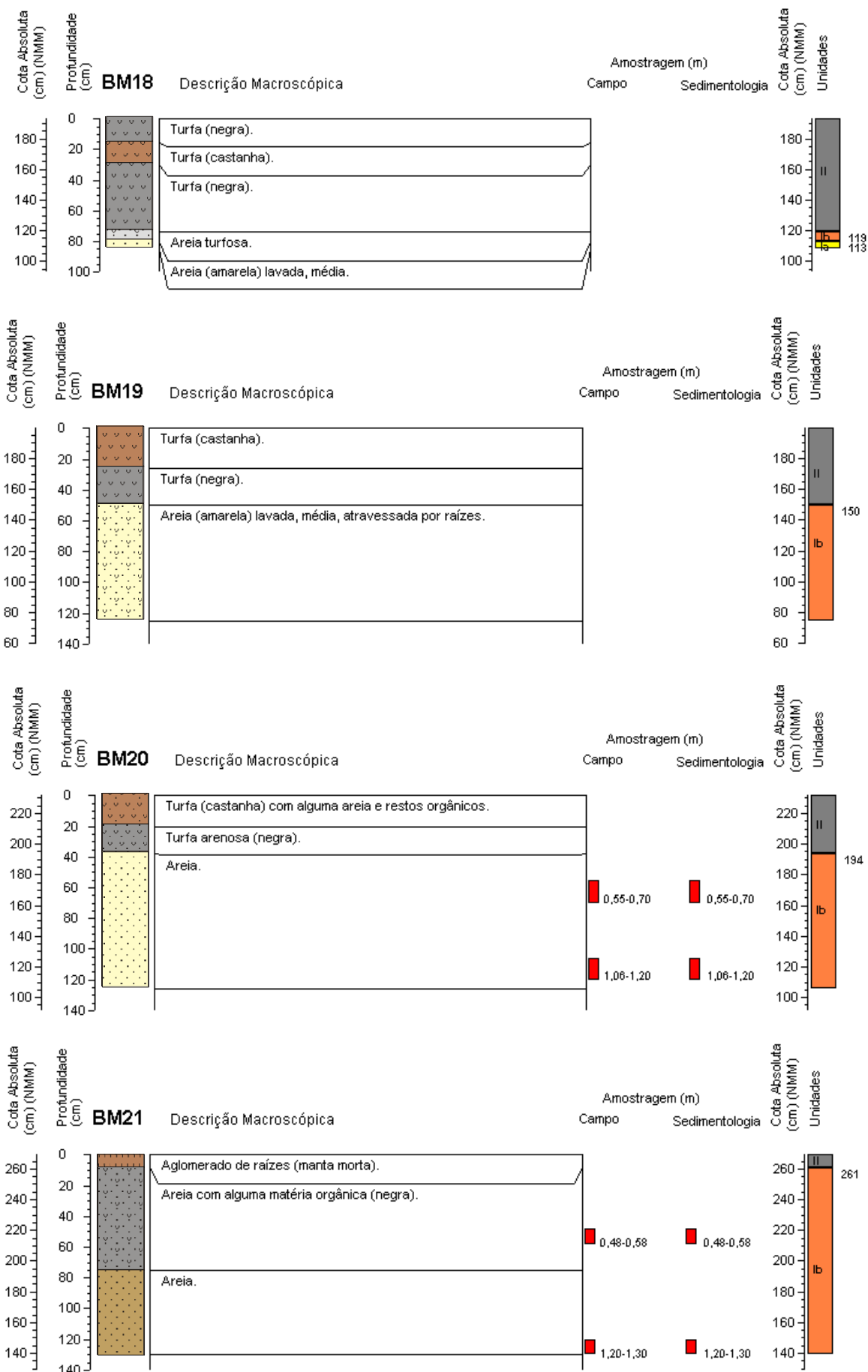












### A.IV.3.1.2 Cota absoluta, profundidade, espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	espessuras (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
boca do furo (m) (NMM)							
BM1		0,54	0,54	II	0,00	0,08	Aglomerado de raízes (manta morta).
					0,08	0,26	Turfa com grãos de areia dessiminados.
					0,26	0,54	Turfa (castanha escura) com cheiro muito intenso de decomposição.
		1,34	0,80	Ib	0,54	1,34	Areia (acinzentada) grosseira, mal calibrada.
					1,34	1,80	Areia (amarela) lavada, muito grosseira.
					1,80	2,44	Areia (amarela) lavada, fina.
	3,07	1,73	Ia	2,44	3,07	Areia (amarela) lavada, muito grosseira.	
boca do furo (m) (NMM)							
BM2		0,34	0,34	II	0,00	0,04	Aglomerado de raízes (manta morta).
					0,04	0,26	Areia (cinzenta), grosseira, com muitos restos de matéria orgânica.
					0,26	0,33	Lodo (preto).
					0,33	0,34	Turfa (castanha).
		0,60	0,26	Ib	0,34	0,60	Areia (preta) com pedaços de madeira.
	1,02	0,42	Ia		0,60	1,02	Areia (amarela) lavada.
boca do furo (m) (NMM)							
BM3	0,57	1,02	1,02	II	0,00	0,14	Turfa (acastanhada) com grãos de areia e fibras orgânicas grosseiras.
					0,14	0,20	Turfa (acastanhada) com grãos de areia mais abundantes e fibras orgânicas grosseiras.
					0,20	0,57	Turfa (negra) com fibras orgânicas fina (ou lodo turfoso).
					0,57	1,02	Turfa (negra) com fibras orgânicas grosseiras.
	-0,32	1,90	1,90	Ib	1,02	1,90	Areia vasosa orgânica, média a grosseira, com algumas raízes.
					1,90	2,77	Areia (amarela), lavada, média a grosseira, moderadamente mal calibrada, pontualmente com zonas mais ricas em matéria orgânica.
-1,29	2,87	0,97	Ia	2,77	2,87	Silte arenoso (amarelo) muito compacto.	
boca do furo (m) (NMM)							
BM4	0,43	1,14	1,56	II	0,00	0,15	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,15	0,50	Turfa (preta).
					0,50	1,07	Turfa (castanha).
					1,07	1,14	Argila (branca).
	0,01	1,56			1,14	1,56	Turfa.
					1,56	2,58	Areia.
-1,24	2,81	1,25	Ia	2,58	2,68	Areia com matriz argilosa.	
				2,68	2,81	Areia (mas perdemos amostra).	
boca do furo (m) (NMM)							
BM5	0,26	1,32	1,32	II	0,00	0,15	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,15	0,89	Turfa.
					0,89	0,94	Argila (branca).
					0,94	1,32	Turfa com muitos restos orgânicos (caules de <i>Phragmites</i> ).
0,21	1,37	0,05	Ia	1,32	1,37	Areia.	
boca do furo (m) (NMM)							
BM6	0,23	1,35	1,35	II	0,00	0,12	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,12	1,35	Turfa.
	0,18	1,40	0,05	Ia	1,35	1,40	Areia.
boca do furo (m) (NMM)							
BM7	0,23	1,35	1,35	II	0,00	0,14	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,14	1,35	Turfa.
	0,18	1,40	0,05	Ia	1,35	1,40	Areia.
boca do furo (m) (NMM)							
BM8	0,21	1,37	1,37	II	0,00	0,10	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,10	1,37	Turfa.
	0,16	1,42	0,05	Ia	1,37	1,42	Areia.
boca do furo (m) (NMM)							
BM9	0,17	1,41	1,41	II	0,00	0,10	Turfa (acastanhada) com grãos de areia muito porosa.
					0,10	1,09	Turfa.
					1,09	1,20	Argila (branca).
					1,20	1,28	Turfa.
					1,28	1,32	Argila (branca).
					1,32	1,41	Turfa.
	0,12	1,46	0,05	Ia	1,41	1,46	Areia.



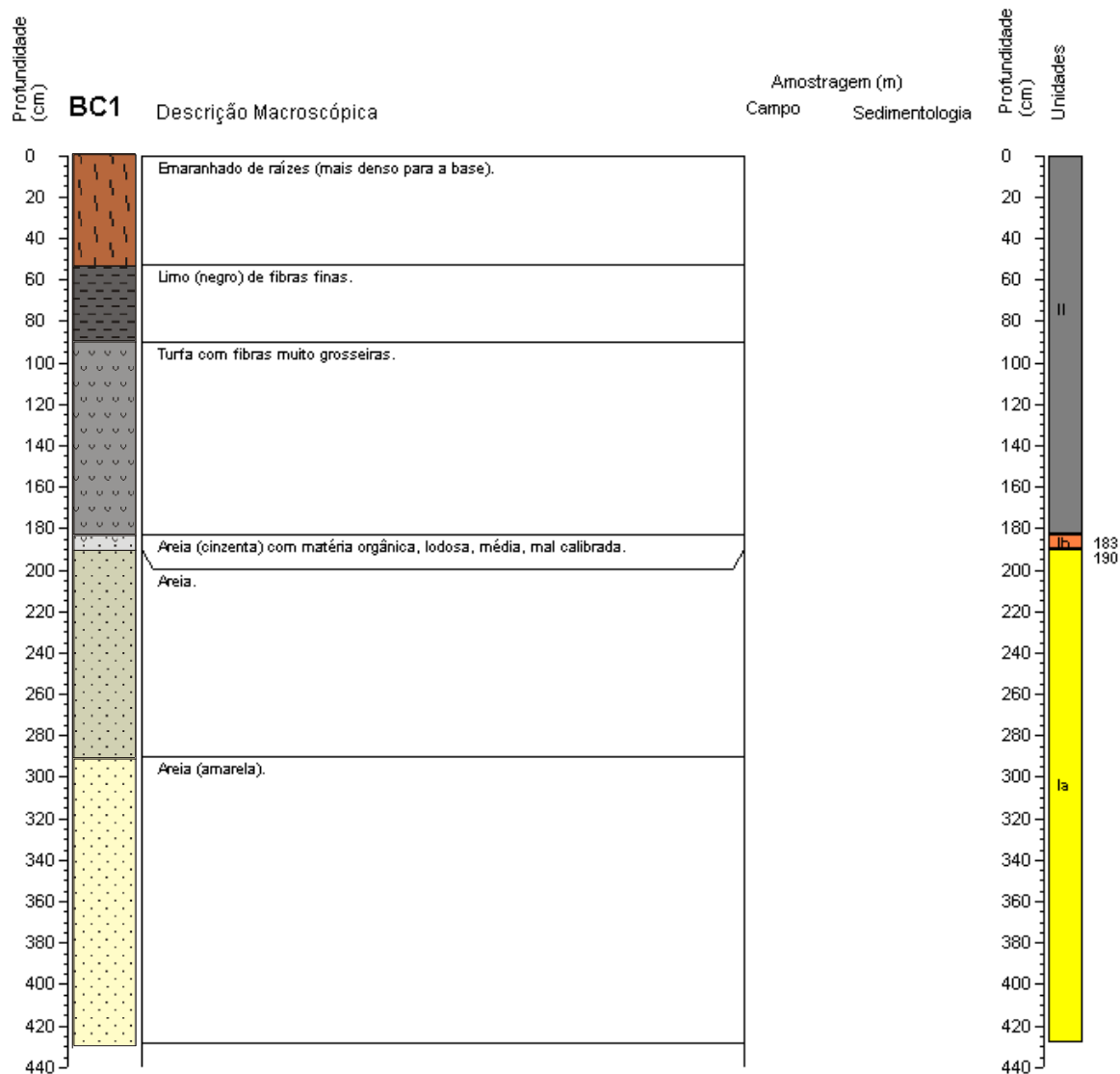
Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	espessuras (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
1,95 boca do furo (m) (NMM)							
BM10	0,06	1,89	1,89	II	0,00	0,20	Turfa (castanha), muito porosa.
					0,20	1,00	Turfa (castanha) mais compacta que a sobrejacente.
					1,00	1,50	Turfa com muitos restos orgânicos (raízes verticais).
					1,50	1,89	Turfa.
	0,01	1,94	0,05	la	1,89	1,94	Areia.
1,950 boca do furo (m) (NMM)							
BM11	0,21	1,74	1,74	II	0,00	0,23	Turfa (castanha), muito porosa.
					0,23	0,25	Areia com turfa.
					0,25	1,00	Turfa.
					1,00	1,50	Turfa com muitos restos orgânicos (raízes verticais).
	1,50	1,74	Turfa.				
0,16	1,79	0,05	la	1,74	1,79	Areia.	
1,970 boca do furo (m) (NMM)							
BM12	0,41	1,56	1,56	II	0,00	0,25	Turfa (castanha) com grãos de areia.
					0,25	0,60	Turfa.
					0,60	0,85	Turfa lodosa com muitos restos orgânicos (raízes verticais).
					0,85	1,56	Turfa com muitos restos orgânicos (raízes verticais).
	0,36	1,61	0,05	la	1,56	1,61	Areia.
2,040 boca do furo (m) (NMM)							
BM13	1,41	0,63	0,63	II	0,00	0,25	Turfa (castanha) com grãos de areia.
					0,25	0,63	Turfa.
	0,61	1,43	0,80	lb	0,63	0,70	Areia grosseira turfosa.
					0,70	1,20	Areia turfosa.
					1,20	1,43	Areia menos turfosa.
	-1,51	3,55	2,12	la	1,43	3,55	Areia lavada.
2,27 boca do furo (m) (NMM)							
BM14	2,16	0,11	0,11	II	0,00	0,11	Turfa (castanha) com grãos de areia.
	1,31	0,96	0,85	lb	0,11	0,19	Areia grosseira turfosa.
					0,19	0,47	Areia turfosa.
					0,47	0,58	Areia grosseira com alguma componente orgânica.
					0,58	0,96	Areia grosseira.
1,63 boca do furo (m) (NMM)							
BM15	1,04	0,59	0,59	II	0,00	0,11	Turfa (castanha).
					0,11	0,48	Turfa (castanha) com raros grãos de areia.
					0,48	0,59	Turfa arenosa.
	0,90	0,73	0,14	lb	0,59	0,68	Areia (amarela) lavada, média, bem calibrada, atravessada por raízes.
					0,68	0,73	Silte argiloso (branco) muito compacto, atravessado por raízes.
	-1,23	2,86	2,13	la	0,73	1,60	Areia (amarela) lavada, média.
					1,60	1,70	Areia argilosa (branca), grosseira.
					1,70	2,86	Areia grosseira, mal calibrada.
1,63 boca do furo (m) (NMM)							
BM16	0,73	0,90	0,90	II	0,00	0,22	Turfa (castanha).
	0,63	1,00	0,10	la	0,22	0,90	Turfa (cinzenta escura) com raros grãos de areia.
					0,90	1,00	Areia média.
1,67 boca do furo (m) (NMM)							
BM17	0,62	1,05	1,05	II	0,00	0,18	Turfa (castanha).
	0,57	1,10	0,05	lb	0,18	1,05	Turfa (cinzenta escura).
					1,05	1,10	Areia (amarela) lavada, média, atravessada por raízes.
2,00 boca do furo (m) (NMM)							
BM18	1,26	0,74	0,74	II	0,00	0,16	Turfa (negra).
					0,16	0,30	Turfa (castanha).
					0,30	0,74	Turfa (negra).
	1,20	0,80	0,06	lb	0,74	0,8	Areia turfosa.
	1,15	0,85	0,05	la	0,8	0,85	Areia (amarela) lavada, média.
2,07 boca do furo (m) (NMM)							
BM19	1,57	0,50	0,50	II	0,00	0,26	Turfa (castanha).
	0,82	1,25	0,75	lb	0,26	0,50	Turfa (negra).
					0,50	1,25	Areia (amarela) lavada, média, atravessada por raízes.
2,39 boca do furo (m) (NMM)							
BM20	2,01	0,38	0,38	II	0,00	0,20	Turfa (castanha) com alguma areia e restos orgânicos.
	1,13	1,26	0,88	lb	0,20	0,38	Turfa arenosa (negra).
					0,38	1,26	Areia.
2,76 boca do furo (m) (NMM)							
BM21	2,68	0,08	0,08	II	0,00	0,08	Aglomerado de raízes (manta morta).
	1,46	1,30	1,22	lb	0,08	0,75	Areia com alguma matéria orgânica (negra).
					0,75	1,3	Areia.

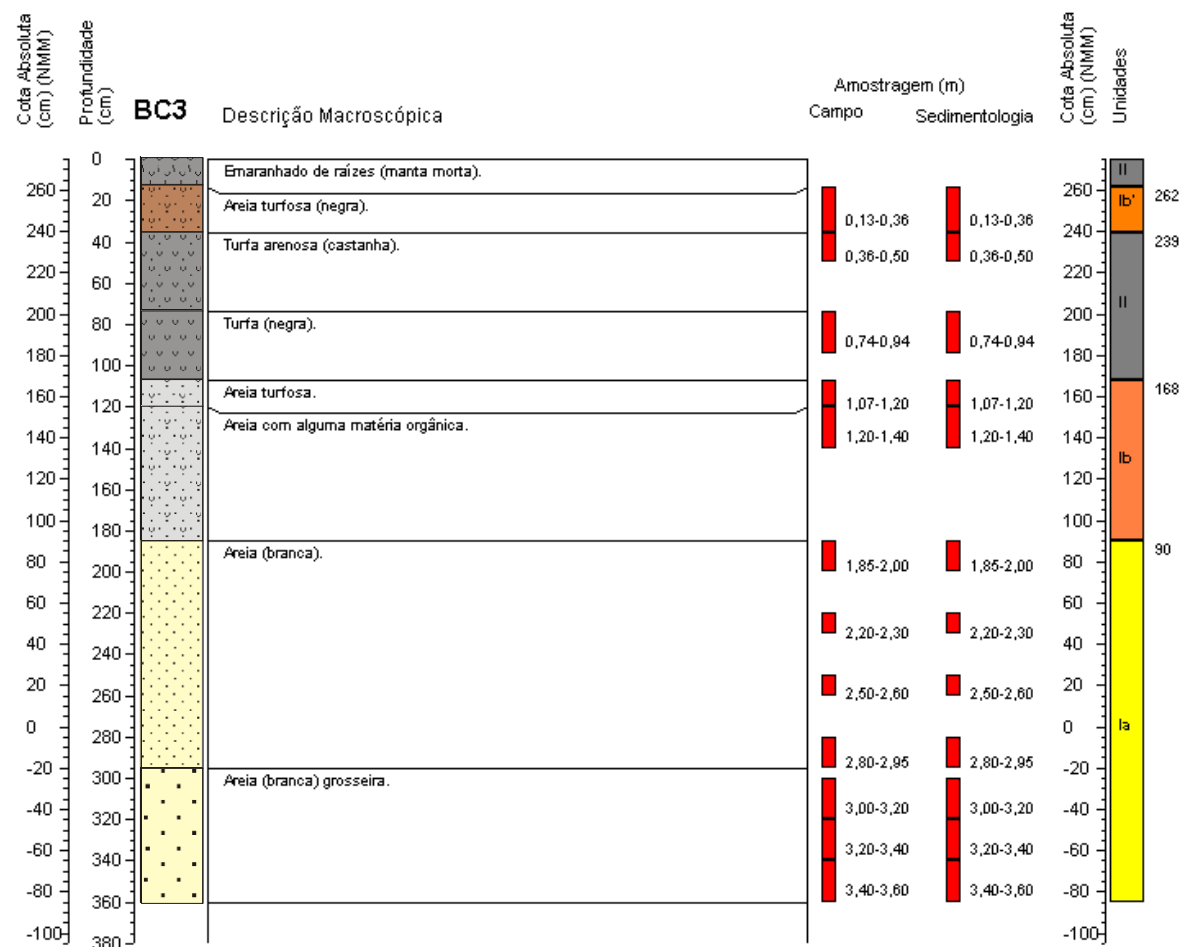
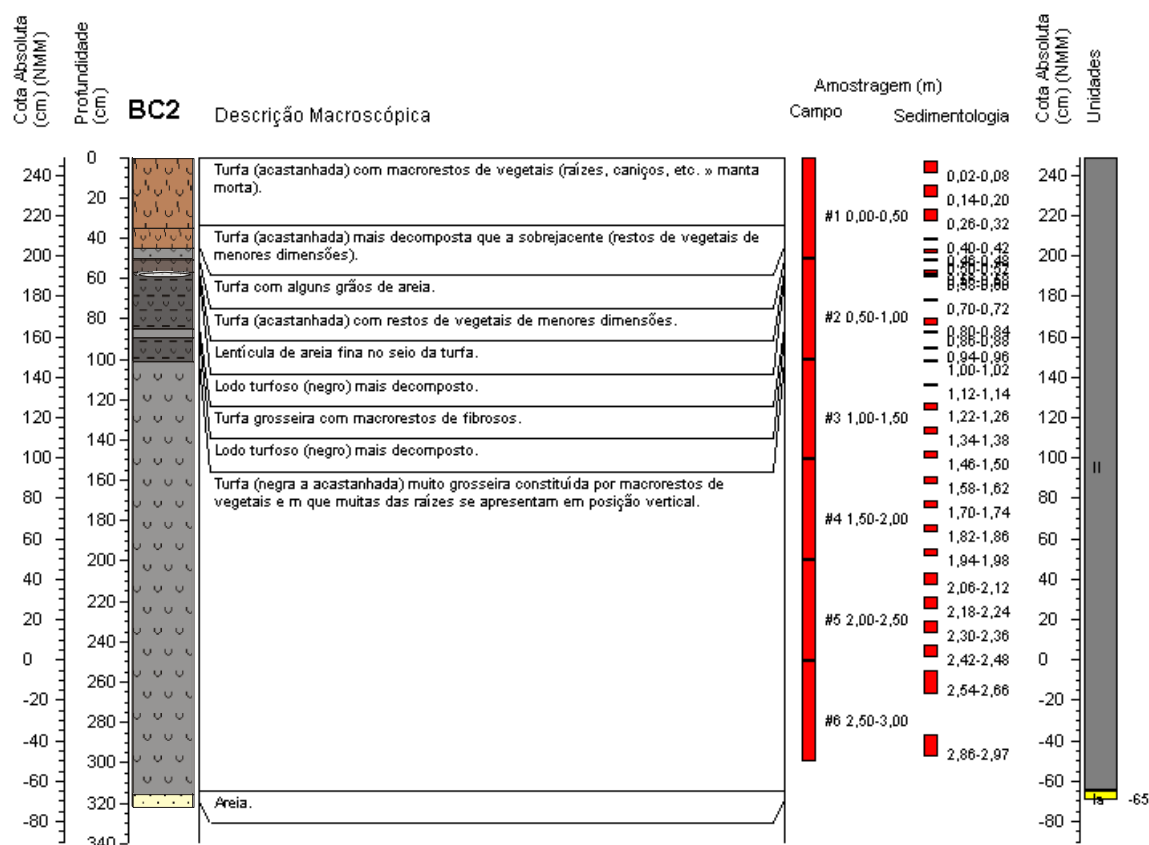
**A.IV.4 – POÇO DO BARBAROXA DE CIMA**

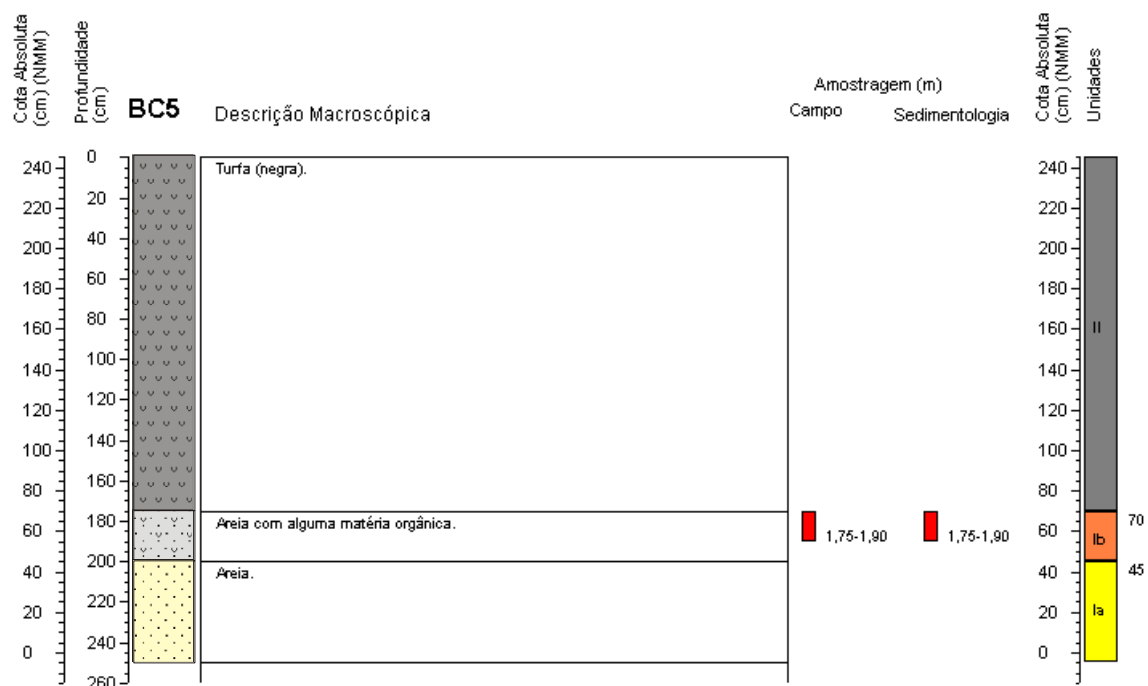
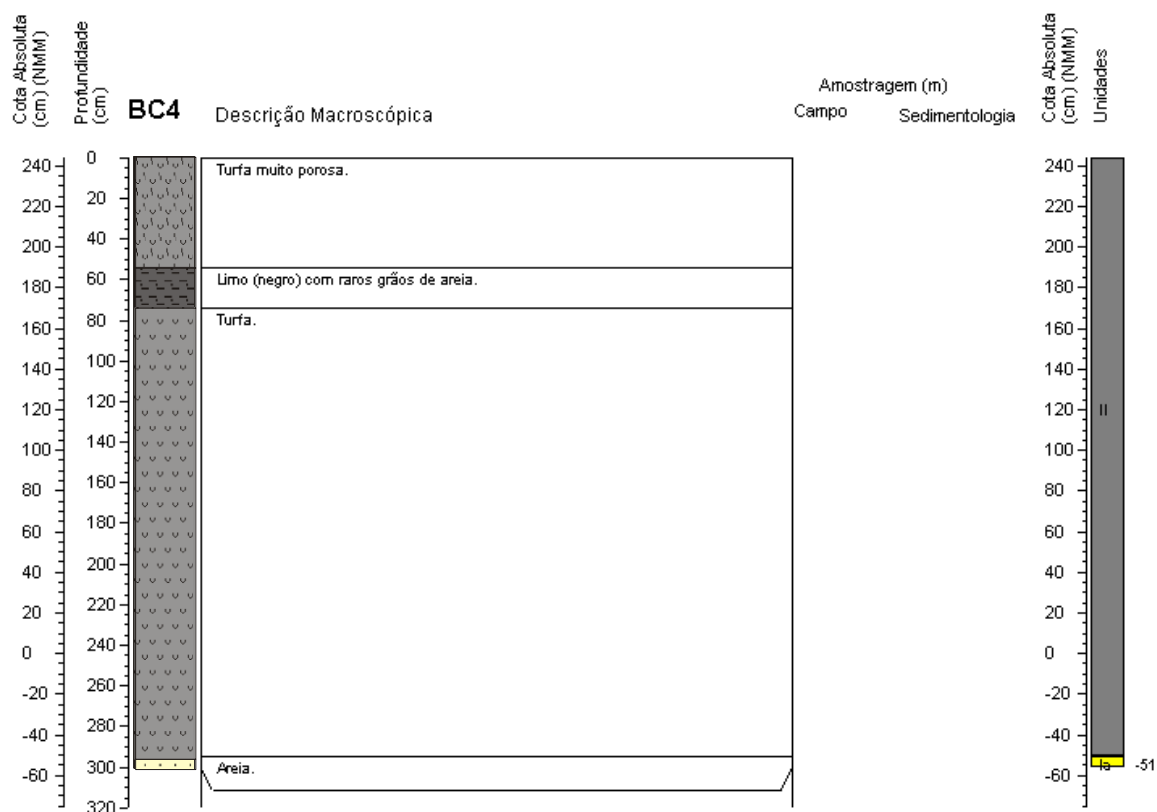


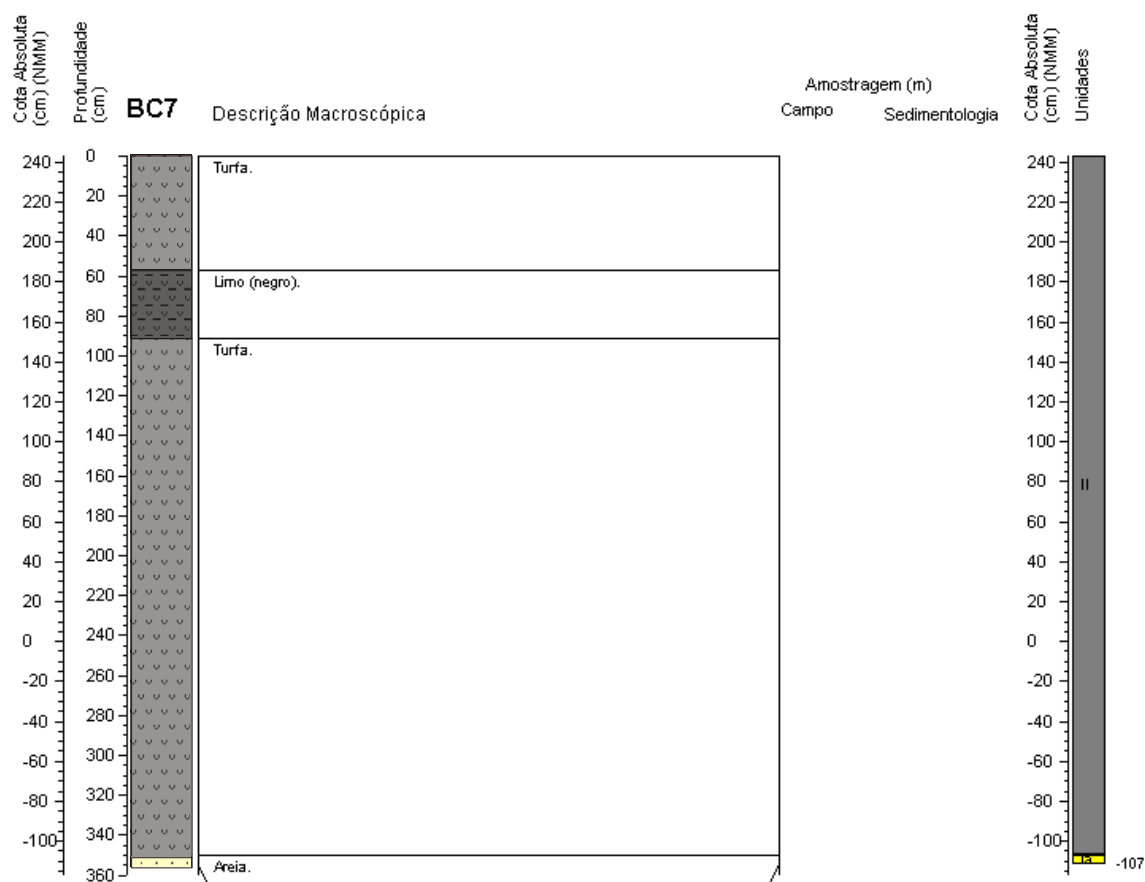
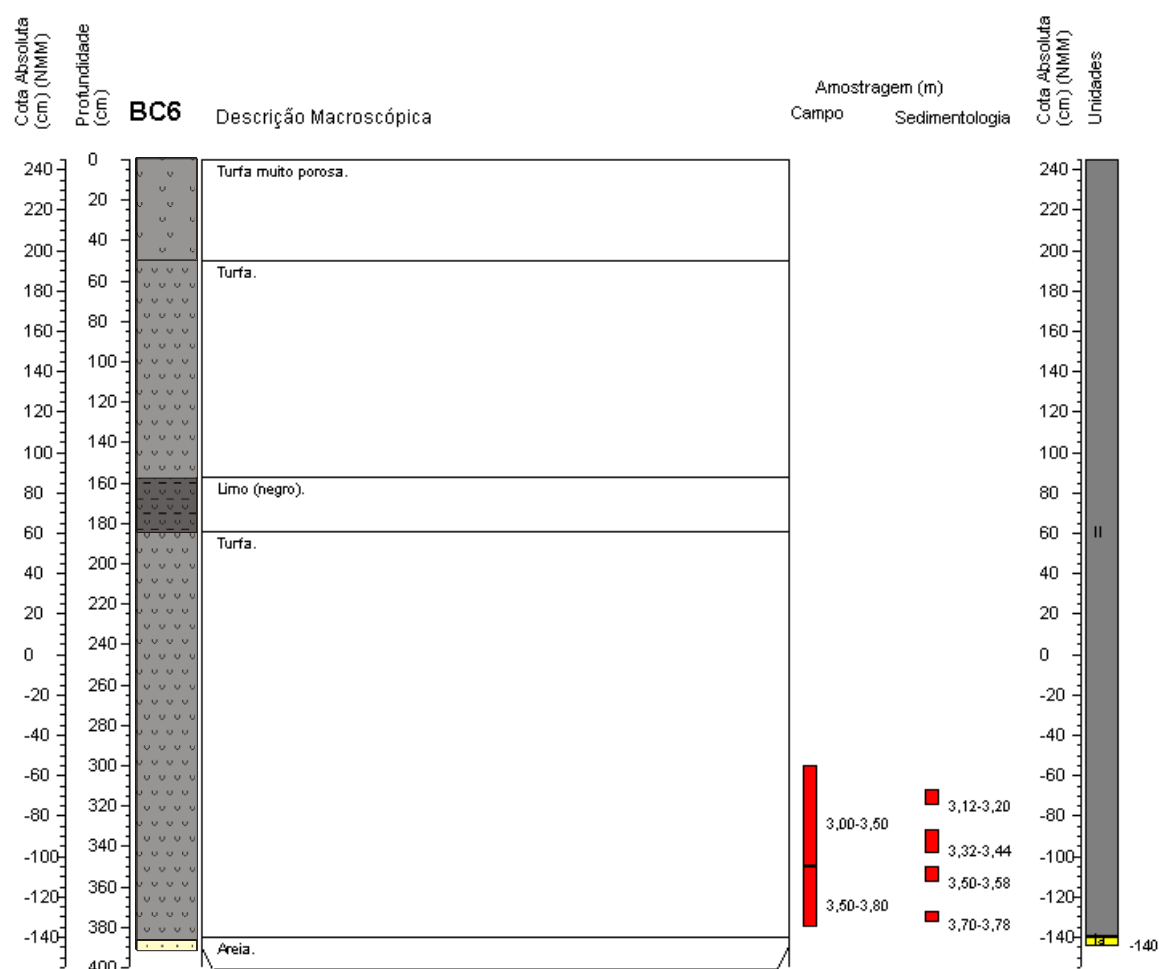
### A.IV.4.1 SONDAGENS BC

#### A.IV.4.1.1 LOG's com descrição macroscópica

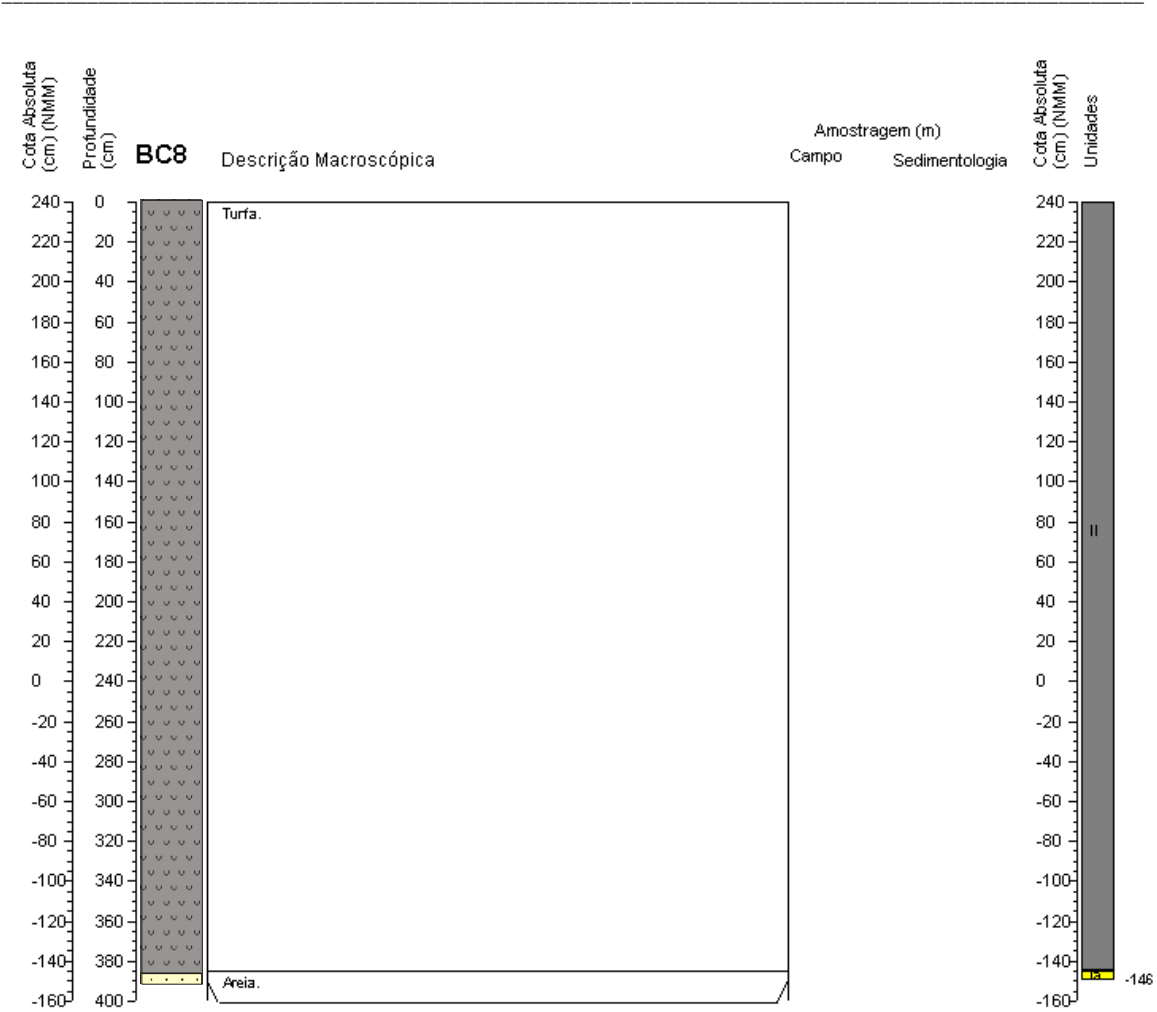


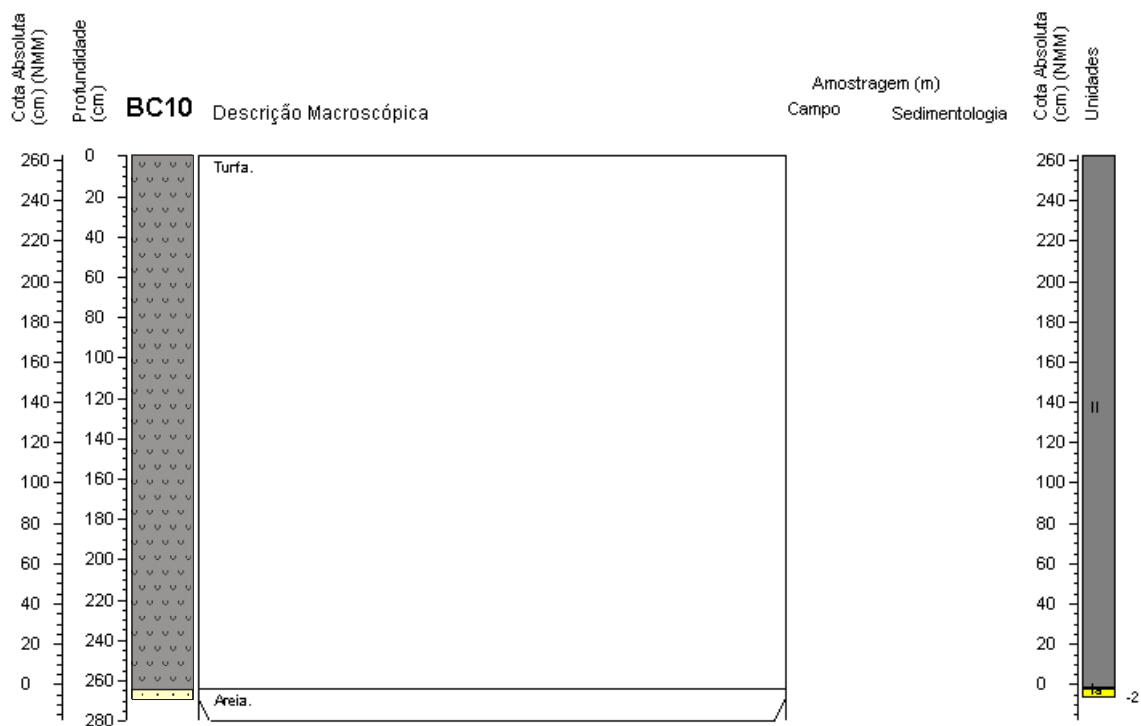
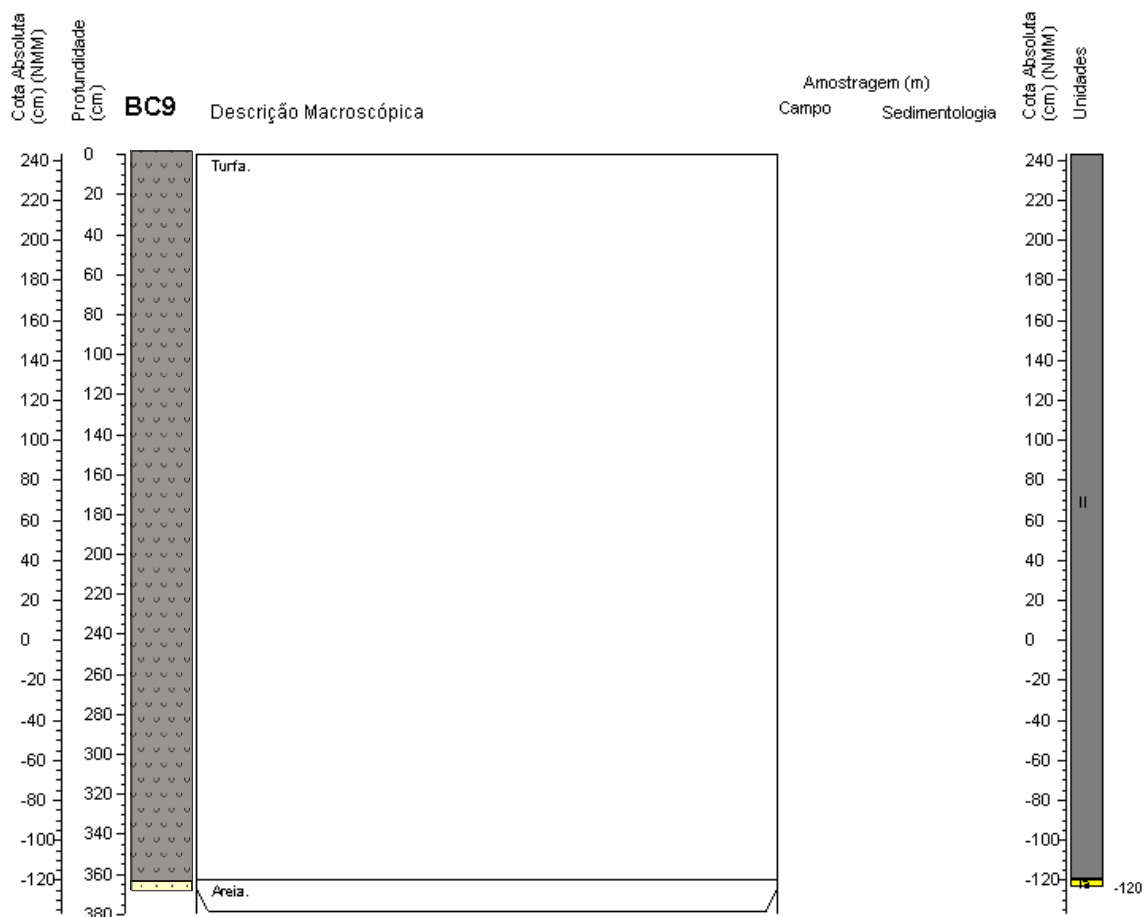


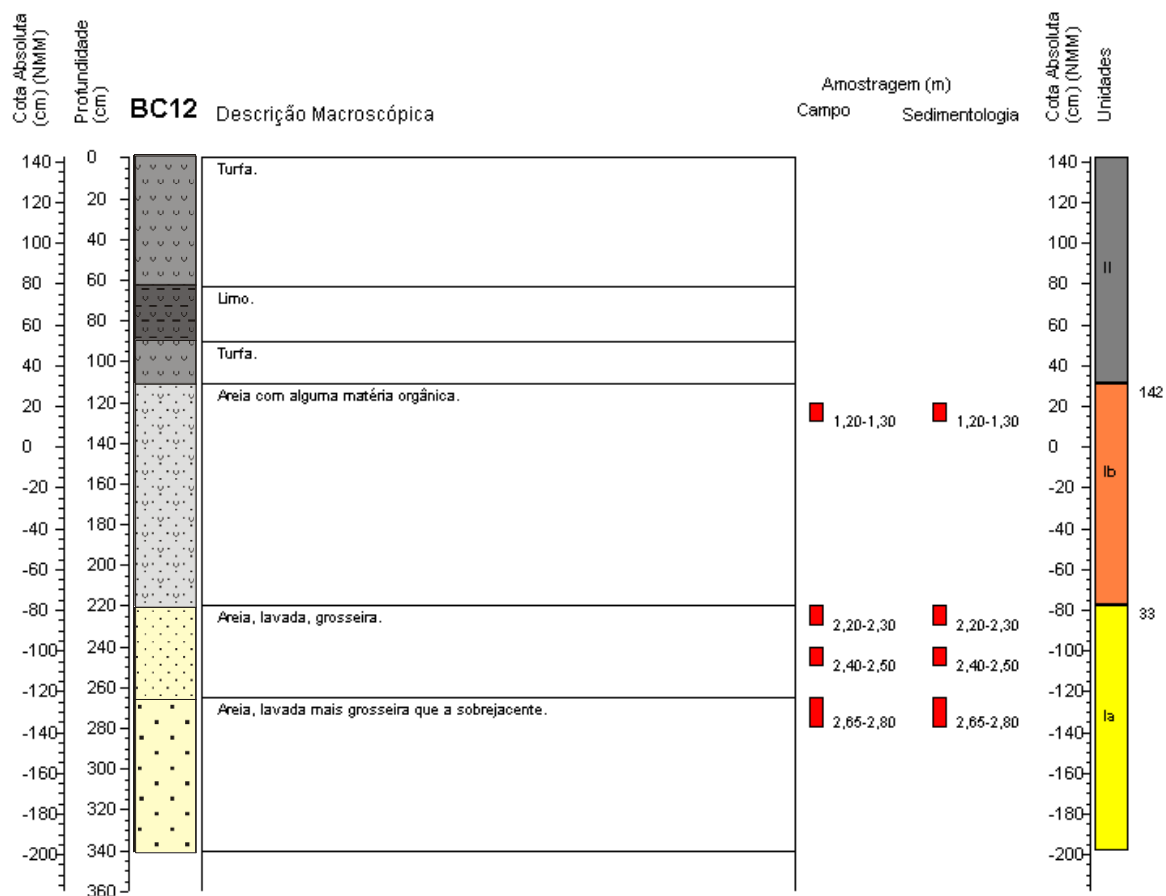
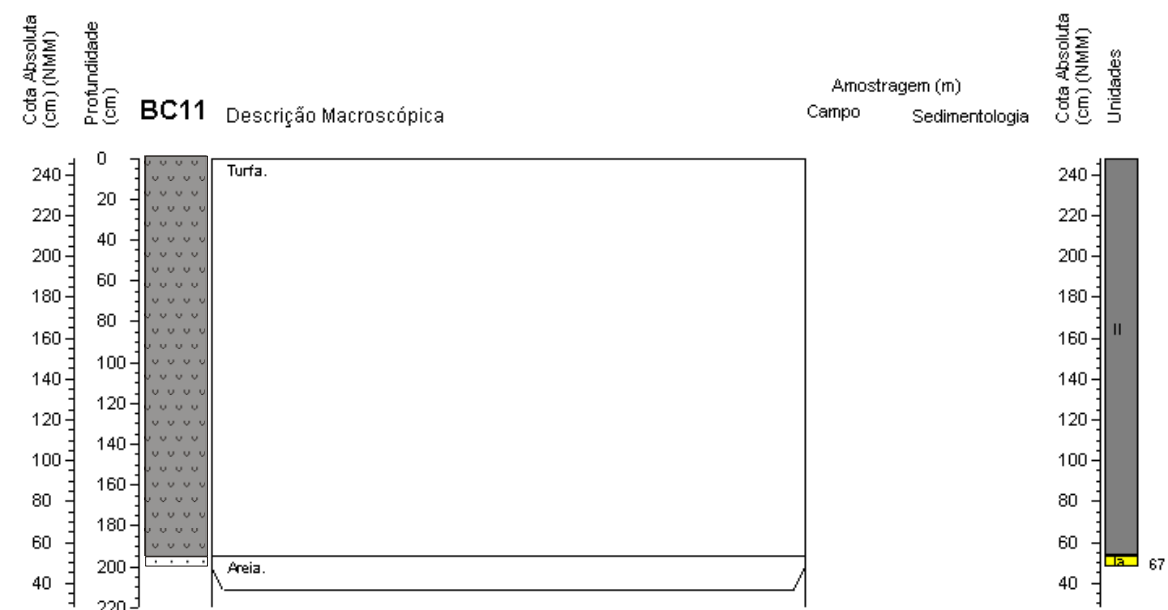


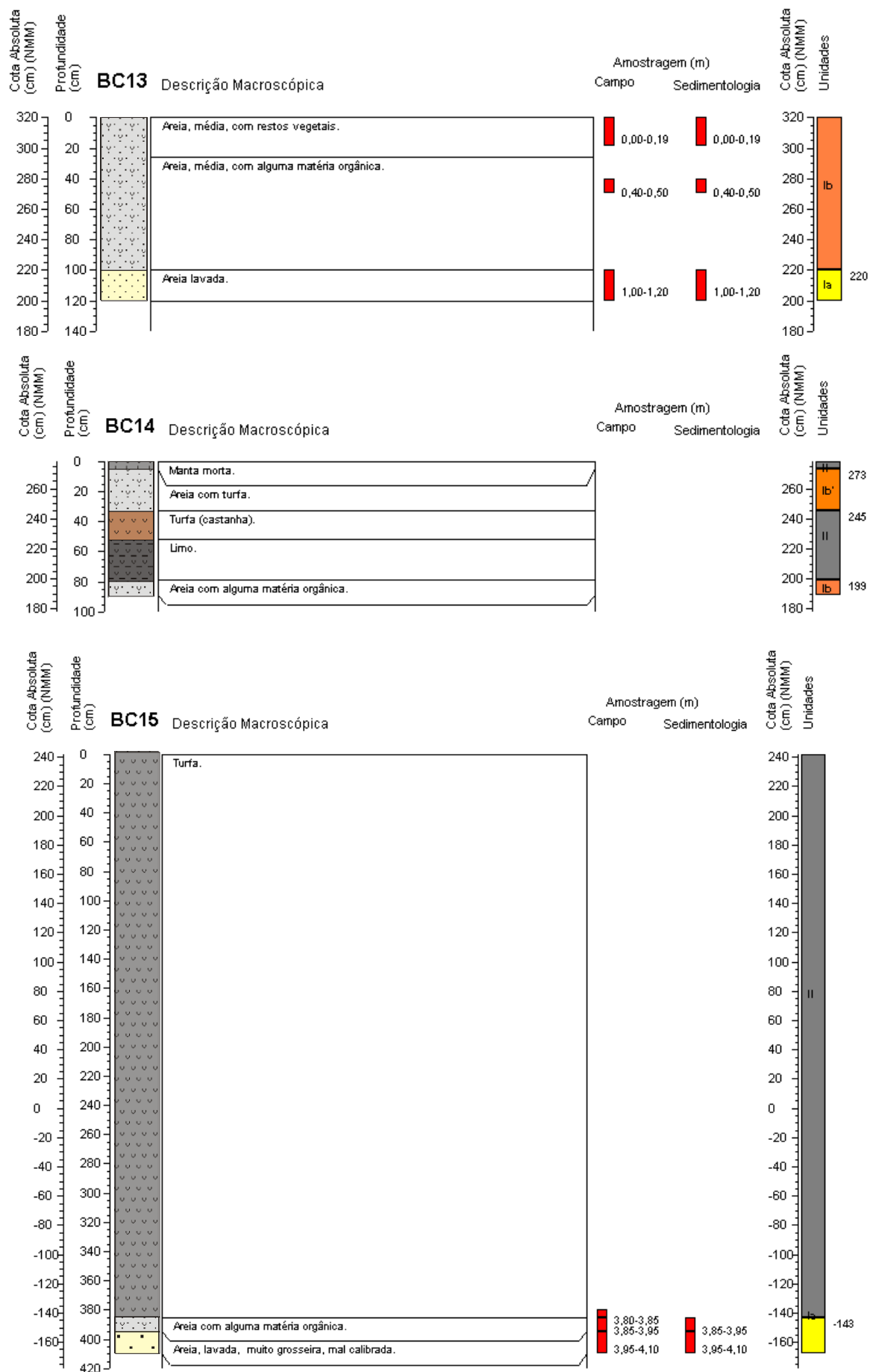












### A.IV.4.1.2 Cota absoluta, profundidade e espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados

Refª Sondagem	cota (m) (NNM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
boca do furo (m) (NNM)							
BC1			1,83	II	0,00	0,53	Emaranhado de raízes (mais denso para a base).
					0,53	0,90	Limo (negro) de fibras finas.
					0,90	1,83	Turfa com fibras muito grosseiras.
		1,90	0,07	lb	1,83	1,90	Areia (cinzenta) com matéria orgânica, lodosa, média, mal calibrada.
			2,38	la	1,90	2,90	Areia.
		4,28			2,90	4,28	Areia (amarela).
2,24 boca do furo (m) (NNM)							
BC2				II	0,00	0,34	Turfa (acastanhada) com macrorestos de vegetais (raízes, caniços, etc. ≈ manta morta).
					0,34	0,44	Turfa (acastanhada) mais decomposta que a sobrejacente (restos de vegetais de menores dimensões).
					0,44	0,50	Turfa com alguns grãos de areia.
					0,50	0,56	Turfa (acastanhada) com restos de vegetais de menores dimensões.
					0,56	0,58	Lenticula de areia fina no seio da turfa.
					0,58	0,84	Lodo turfoso (negro) mais decomposto.
					0,84	0,88	Turfa grosseira com macrorestos de fibrosos.
					0,88	1,00	Lodo turfoso (negro) mais decomposto.
	-0,90	3,14	3,14		1,00	3,14	Turfa (negra a acastanhada) muito grosseira constituída por macrorestos de vegetais em que muitas das raízes se apresentam em posição vertical.
	-0,95	3,19	0,05	la	3,14	3,19	Areia.
2,50 boca do furo (m) (NNM)							
BC3	2,37	0,13	0,13		0,00	0,13	Emaranhado de raízes (manta morta).
	2,14	0,36	0,23	lb'	0,13	0,36	Areia turfosa (negra).
			0,71	II	0,36	0,74	Turfa arenosa (castanha).
	1,43	1,07			0,74	1,07	Turfa (negra).
				lb	1,07	1,20	Areia turfosa.
	0,65	1,85	0,78		1,20	1,85	Areia com alguma matéria orgânica.
				la	1,85	2,95	Areia (branca).
	-1,10	3,60	1,75		2,95	3,6	Areia (branca) grosseira.
2,19 boca do furo (m) (NNM)							
BC4			2,95	II	0,00	0,54	Turfa muito porosa.
					0,54	0,74	Limo (negro) com raros grãos de areia.
	-0,76	2,95			0,74	2,95	Turfa.
	-0,81	3,00	0,05	la	2,95	3,00	Areia.
2,20 boca do furo (m) (NNM)							
BC5	0,45	1,75	1,75	II	0,00	1,75	Turfa (negra).
	0,20	2,00	0,25	lb	1,75	2,00	Areia com alguma matéria orgânica.
	-0,31	2,50	0,50	la	2,00	2,50	Areia.
2,20 boca do furo (m) (NNM)							
BC6				II	0,00	0,50	Turfa muito porosa.
					0,50	1,57	Turfa.
					1,57	1,84	Limo (negro).
	-1,65	3,85	3,85		1,84	3,85	Turfa.
	-1,70	3,90	0,05	la	3,85	3,9	Areia.
2,18 boca do furo (m) (NNM)							
BC7				II	0,00	0,57	Turfa.
					0,57	0,91	Limo (negro).
	-1,32	3,50	3,50		0,91	3,50	Turfa.
	-1,37	3,55	0,05	la	3,50	3,55	Areia.
2,15 boca do furo (m) (NNM)							
BC8	-1,71	3,85	3,85	II	0,00	3,85	Turfa.
	-1,76	3,90	0,05	la	3,85	3,90	Areia.
2,18 boca do furo (m) (NNM)							
BC9	-1,45	3,63	3,63	II	0,00	3,63	Turfa.
	-1,49	3,67	0,04	la	3,63	3,67	Areia.
2,37 boca do furo (m) (NNM)							
BC10	-0,27	2,64	2,64	II	0,00	2,64	Turfa.
	-0,32	2,69	0,05	la	2,64	2,69	Areia.
2,23 boca do furo (m) (NNM)							
BC11	0,42	1,95	1,95	II	0,00	1,95	Turfa.
	0,37	2,00	0,05	la	1,95	2,00	Areia.

Refª Sondagem	cota (m) (NNM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
2,28    boca do furo (m) (NNM)							
BC12				II	0,00	0,63	Turfa.
					0,63	0,9	Limo.
	1,17	1,11	1,11		0,9	1,11	Turfa.
	0,08	2,20	1,09	Ib	1,11	2,2	Areia com alguma matéria orgânica.
				Ia	2,2	2,65	Areia, lavada, grosseira.
			2,65		3,4	Areia, lavada mais grosseira que a sobrejacente.	
<	-1,12	3,40	1,20				
2,95    boca do furo (m) (NNM)							
BC13				Ib	0,00	0,26	Areia, média, com restos vegetais.
	1,95	1,00	1,00		0,26	1,00	Areia, média, com alguma matéria orgânica.
	1,75	1,20	0,20	Ia	1,00	1,20	Areia lavada.
2,53    boca do furo (m) (NNM)							
BC14	2,48	0,05	0,05	II	0,00	0,05	Manta morta.
	2,20	0,33	0,33	Ib	0,05	0,33	Areia com turfa.
				II	0,33	0,52	Turfa (castanha).
	1,74	0,79	0,27		0,52	0,79	Limo.
	1,64	0,89	0,10	Ib	0,79	0,89	Areia com alguma matéria orgânica.
2,17    boca do furo (m) (NNM)							
BC15	-1,68	3,85	3,85	II	0,00	3,85	Turfa.
	-1,78	3,95	0,10	Ia	3,85	3,95	Areia com alguma matéria orgânica.
	-1,93	4,10	0,15		3,95	4,10	Areia, lavada, muito grosseira, mal calibrada.

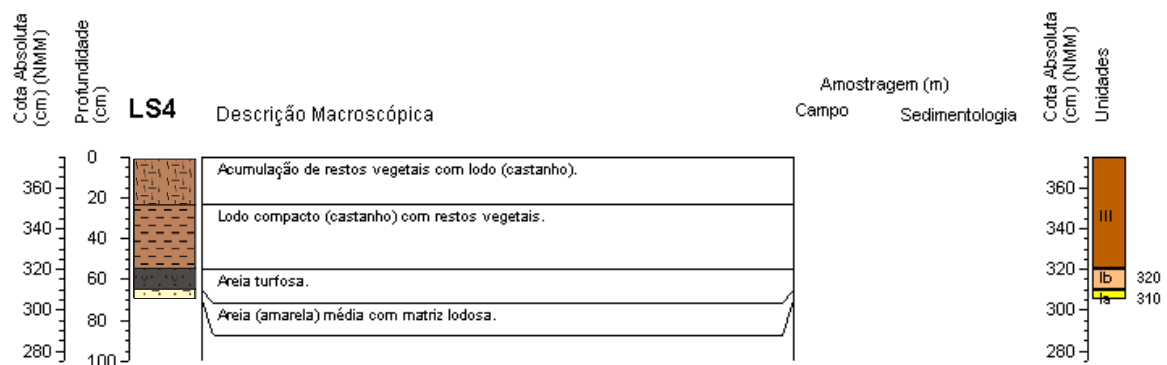
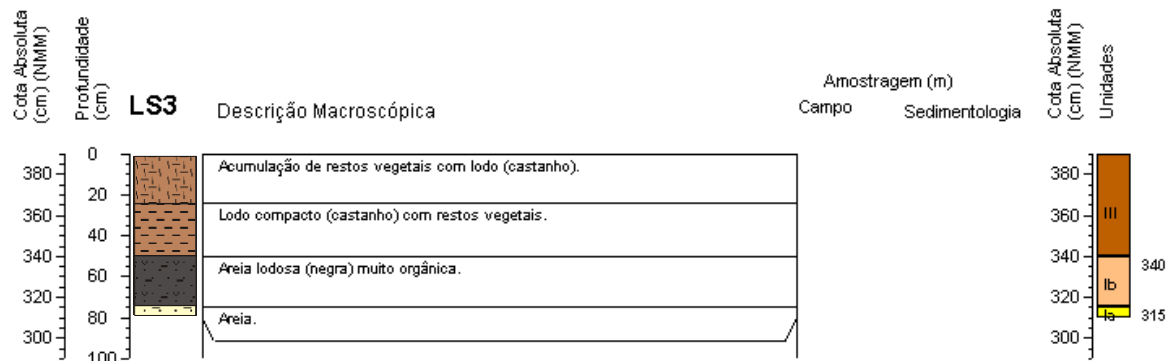
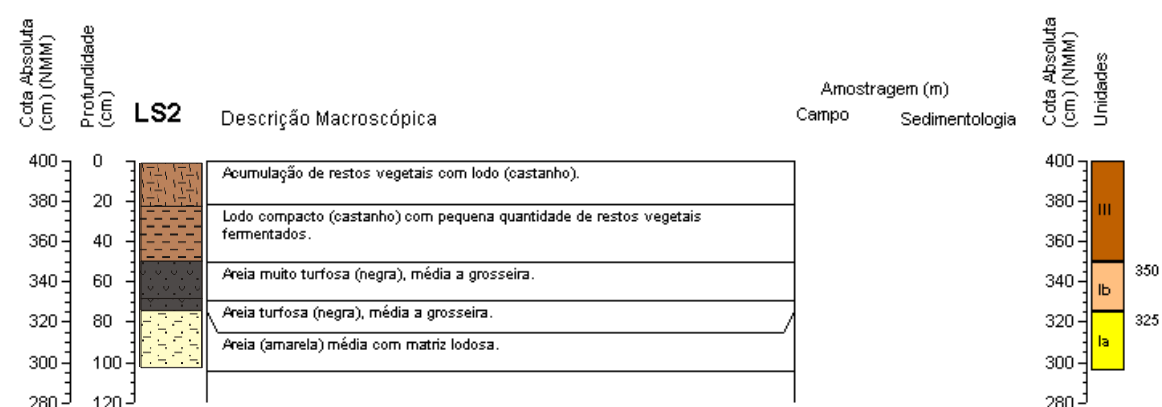
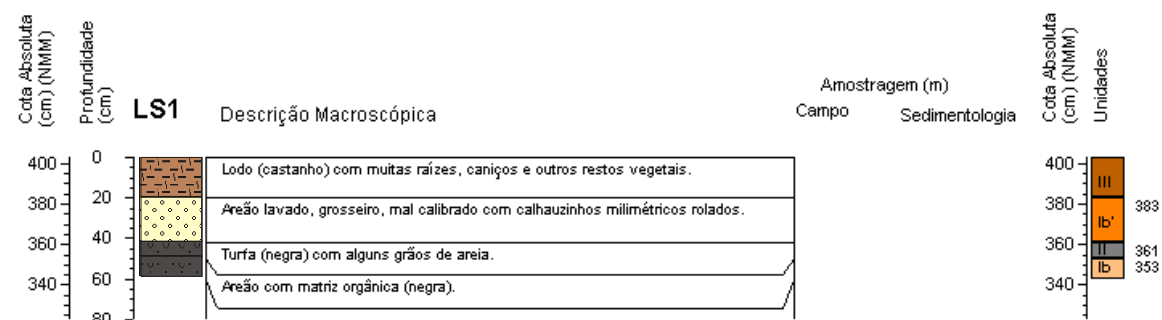
#### **A.IV.5 – LAGOA DA SANCHÁ**

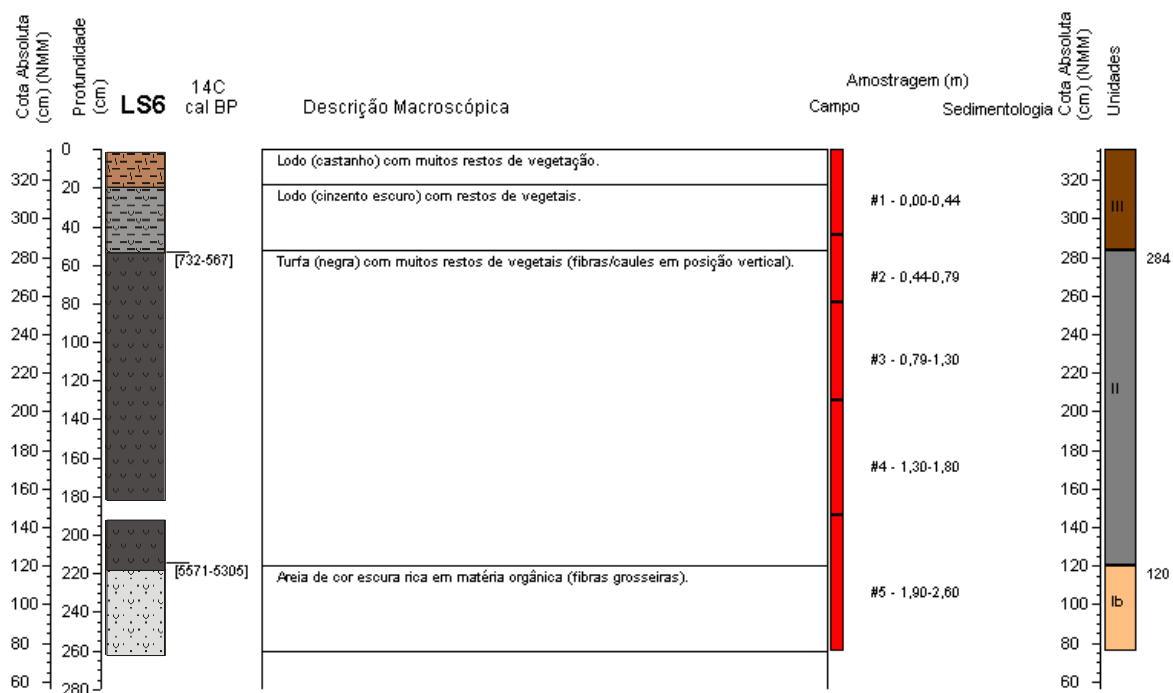
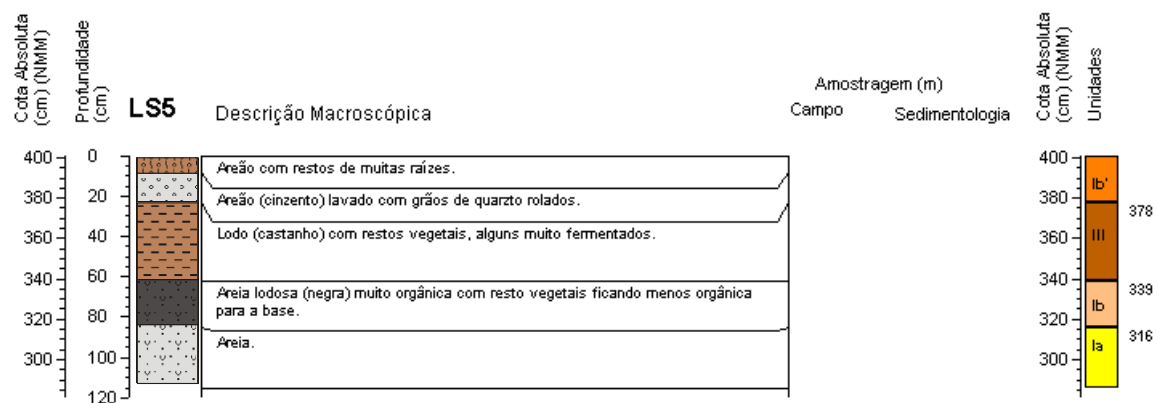


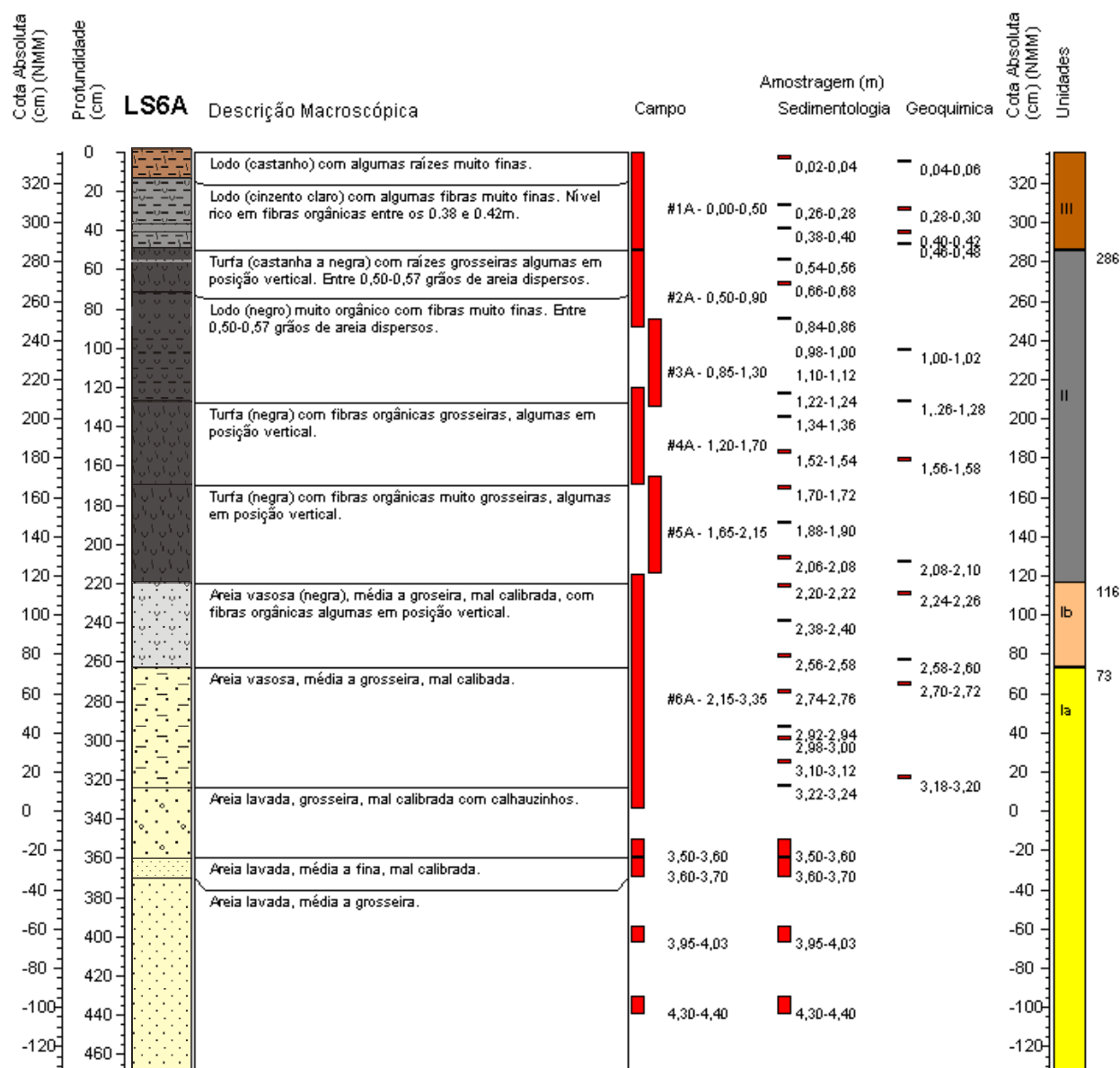


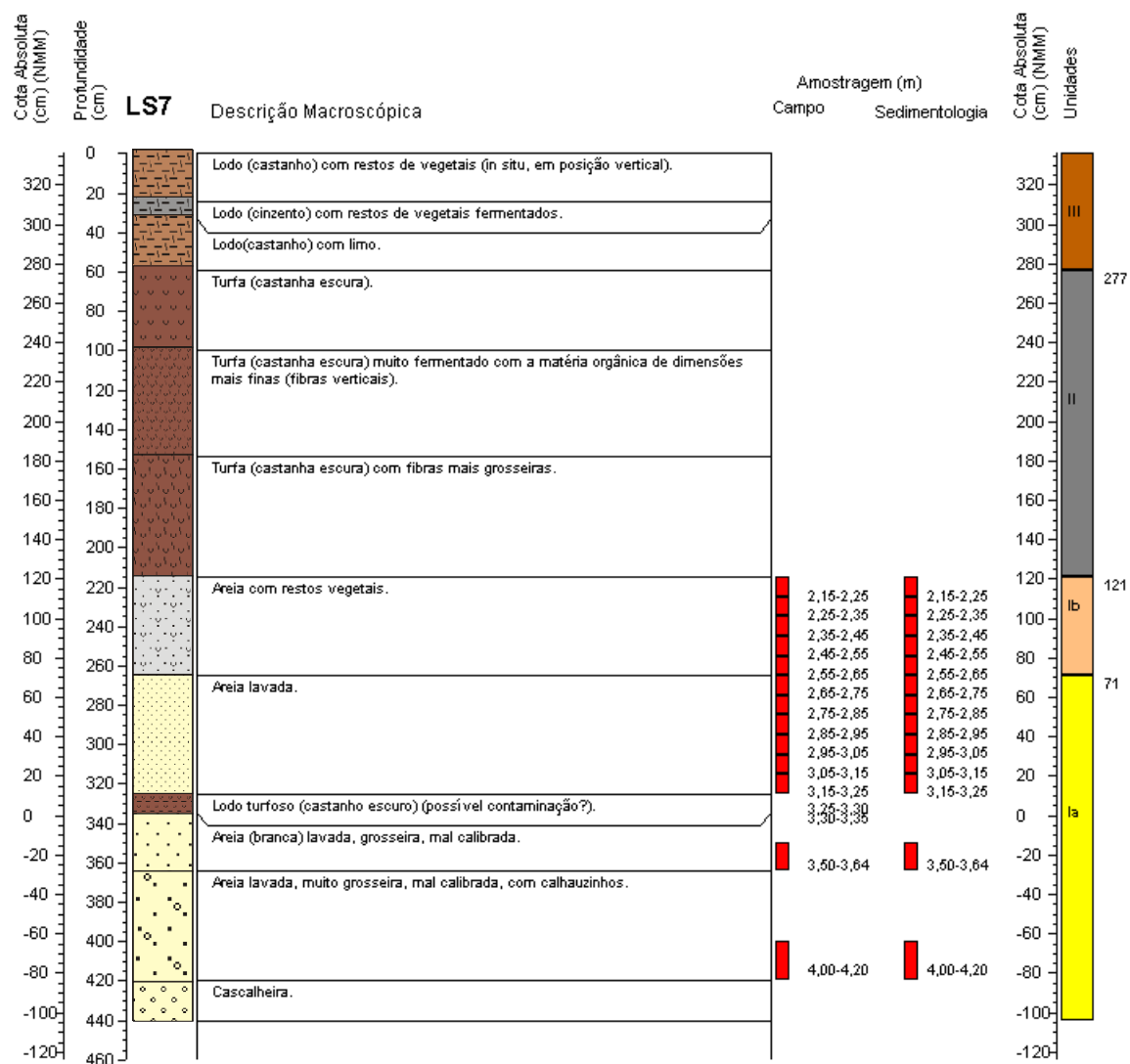
### A.IV.5.1 SONDAGENS LS

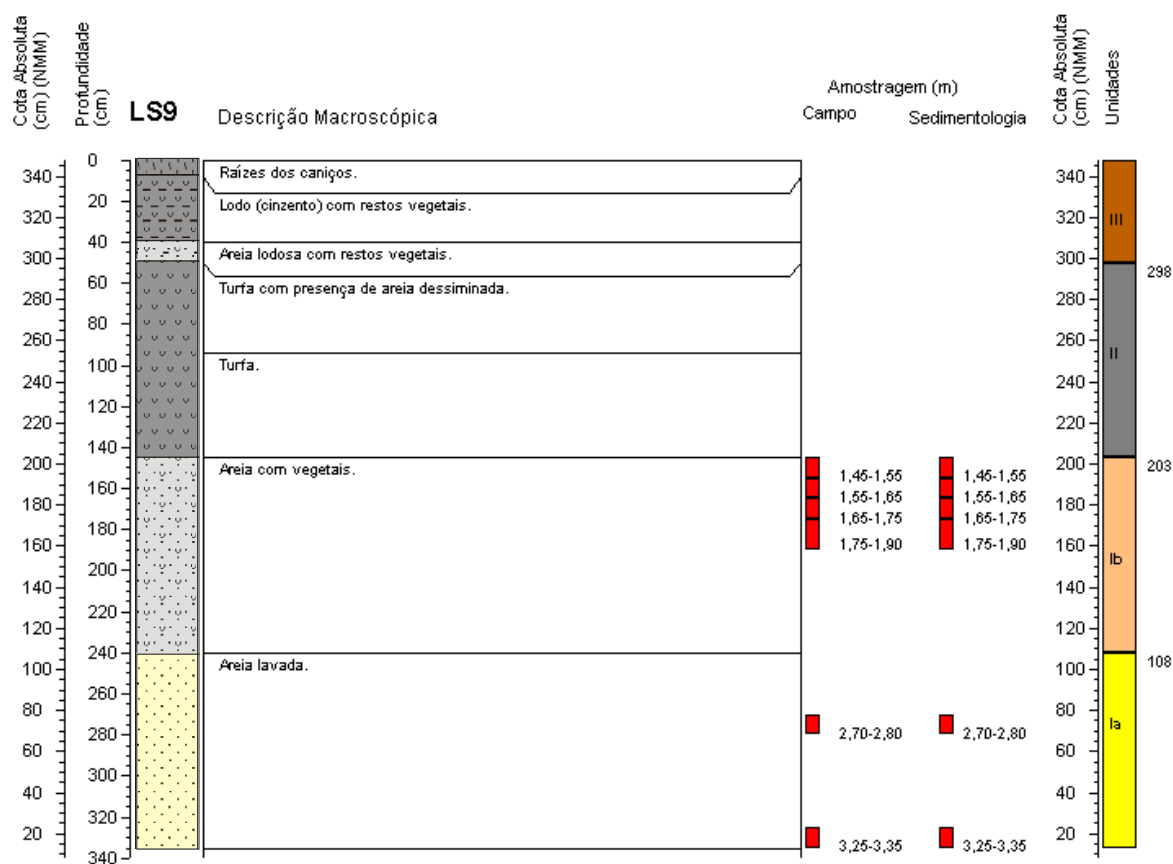
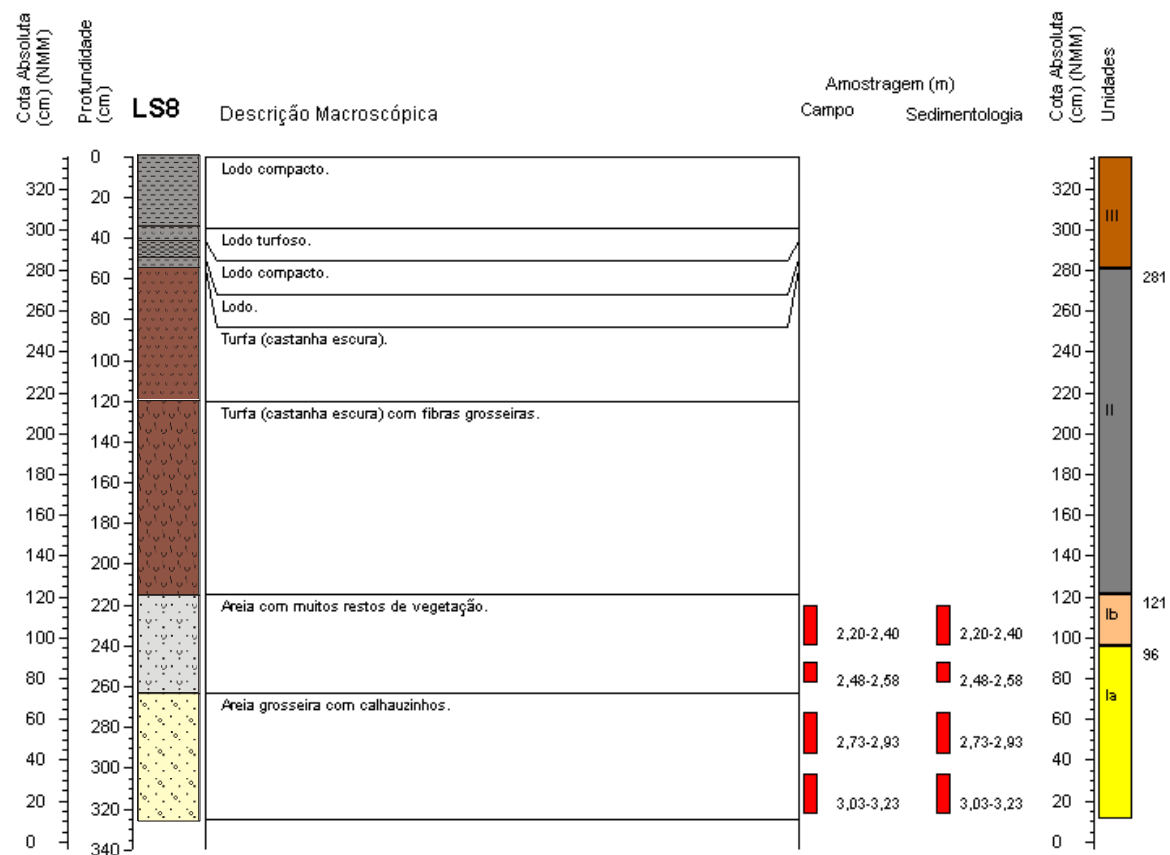
#### A.IV.5.1.1 LOG's com descrição macroscópica

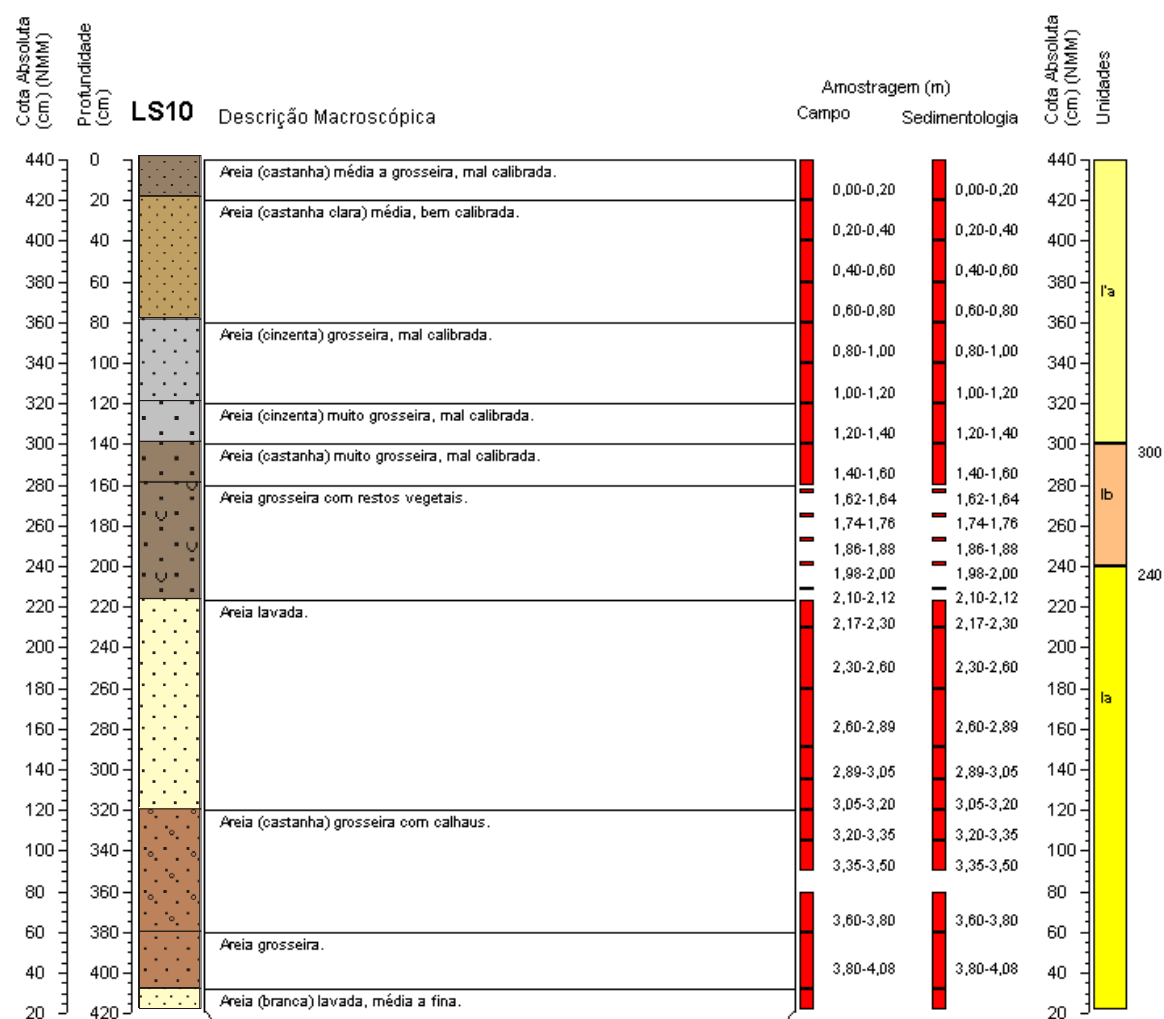




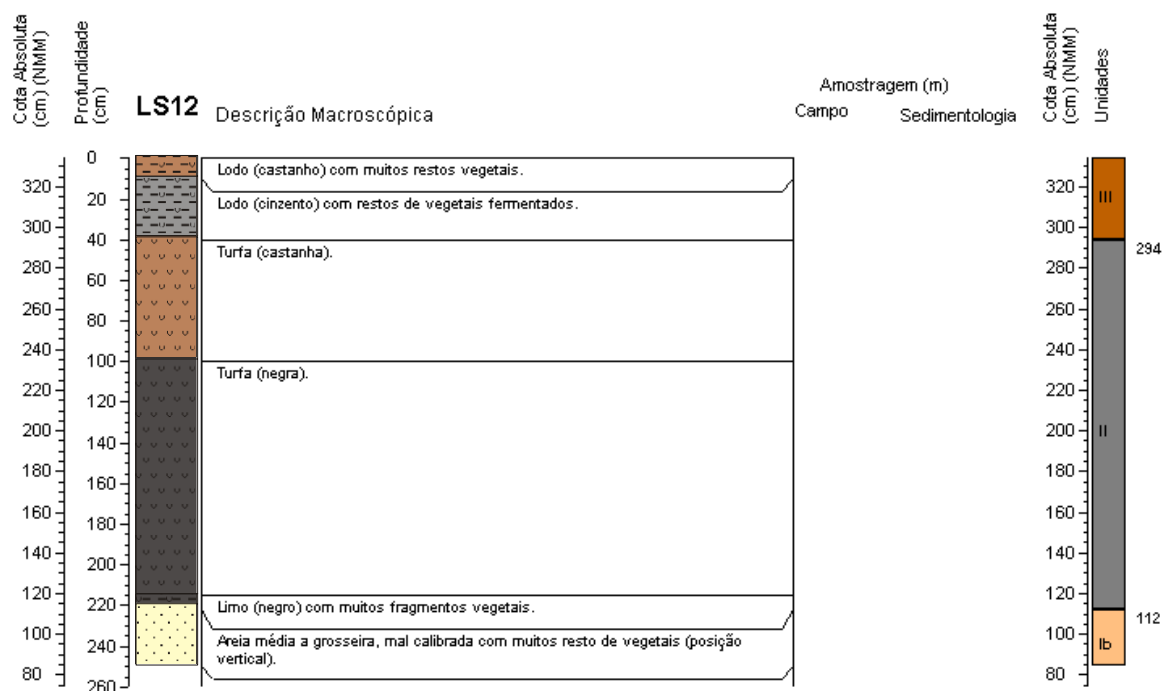


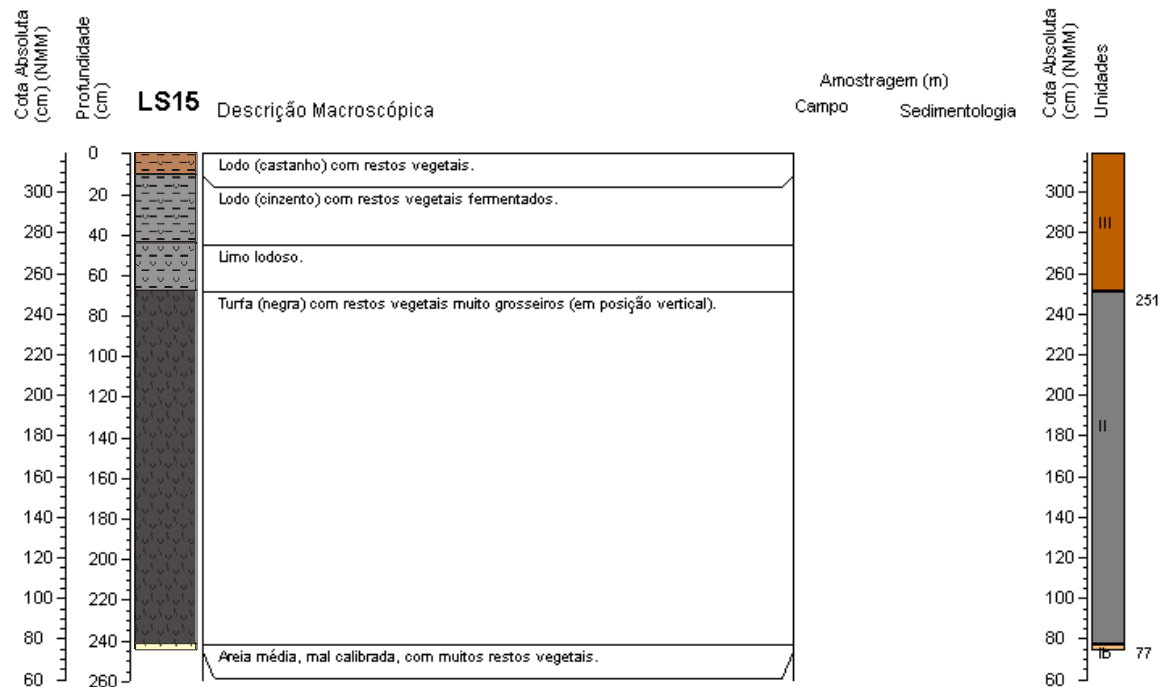
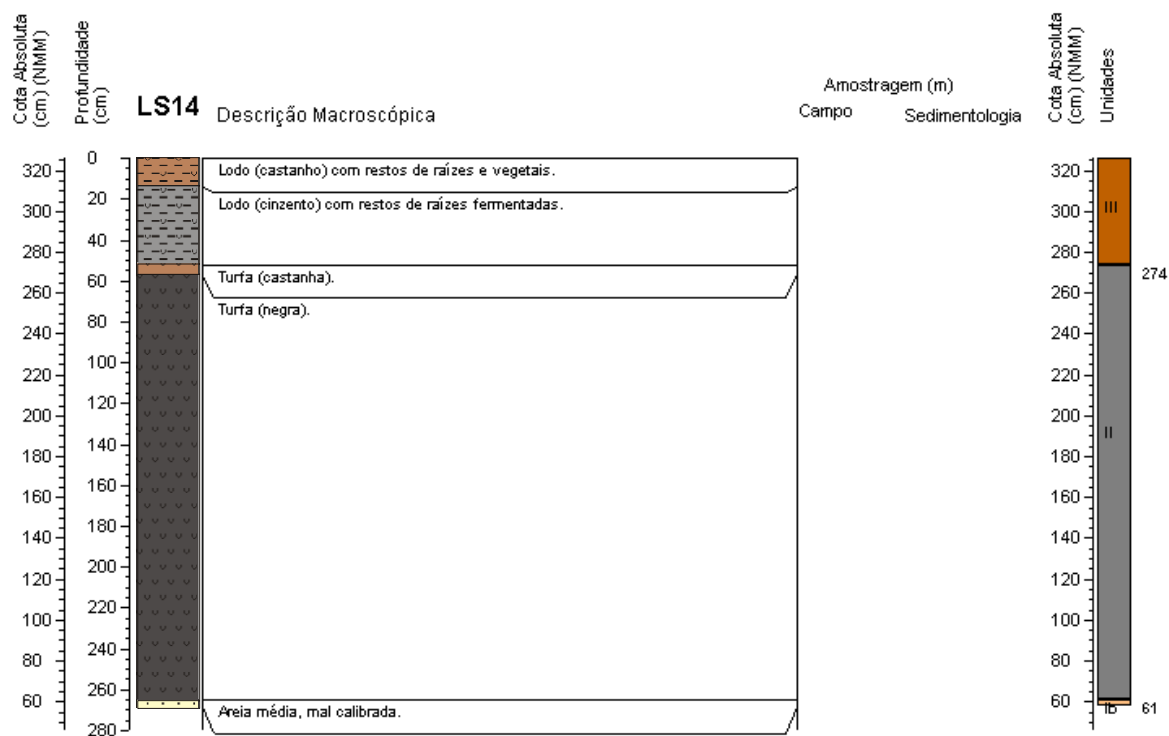


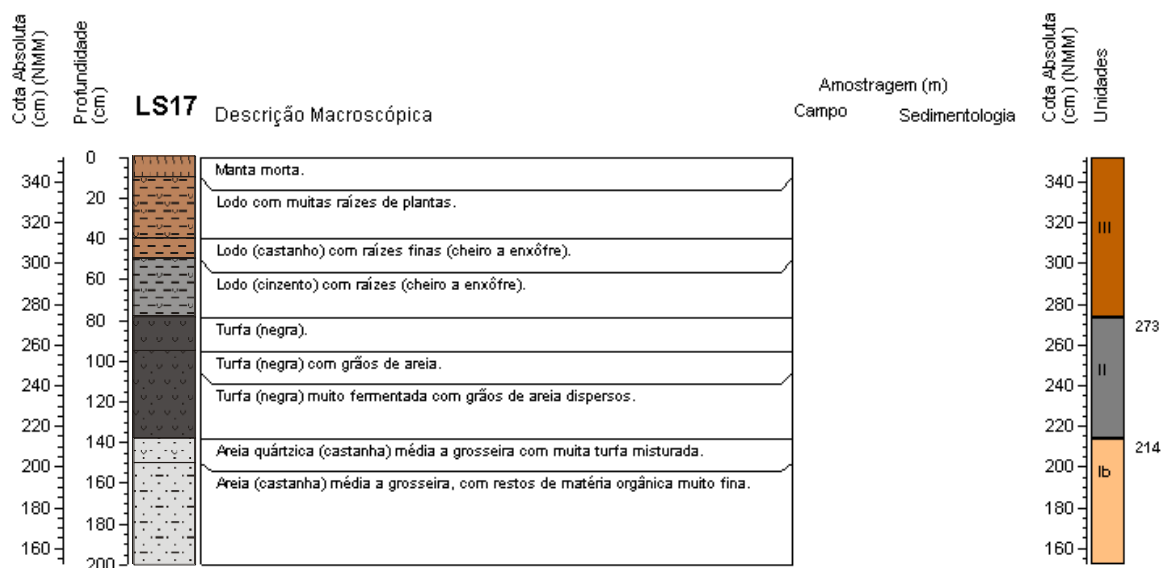
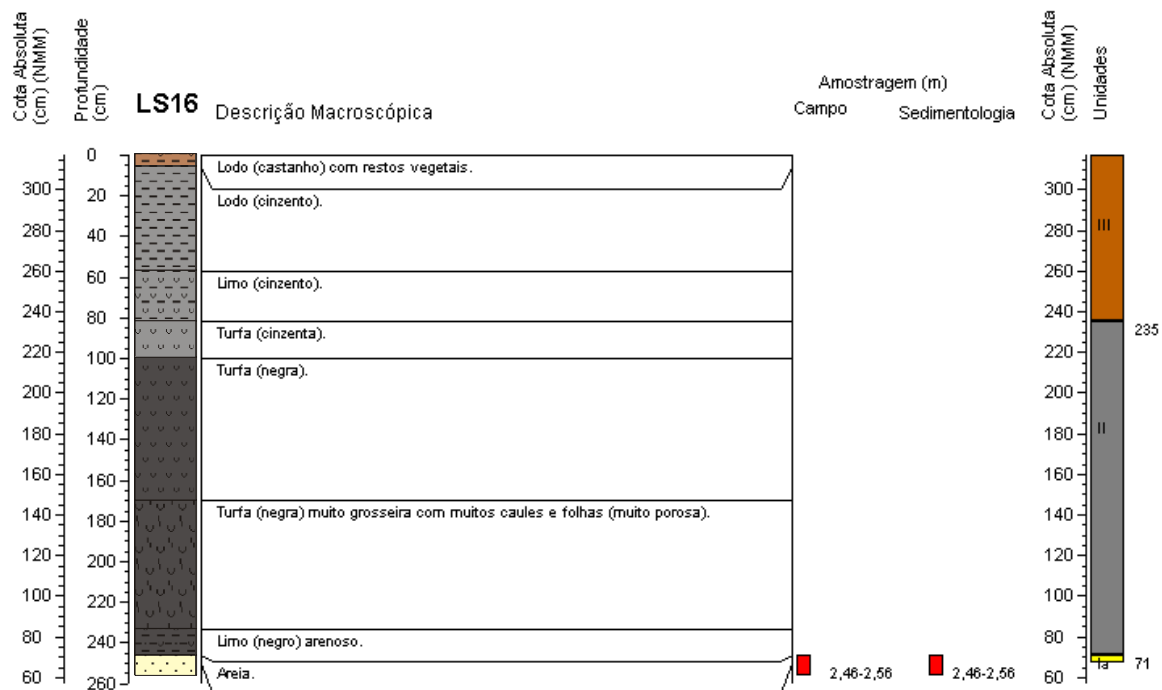


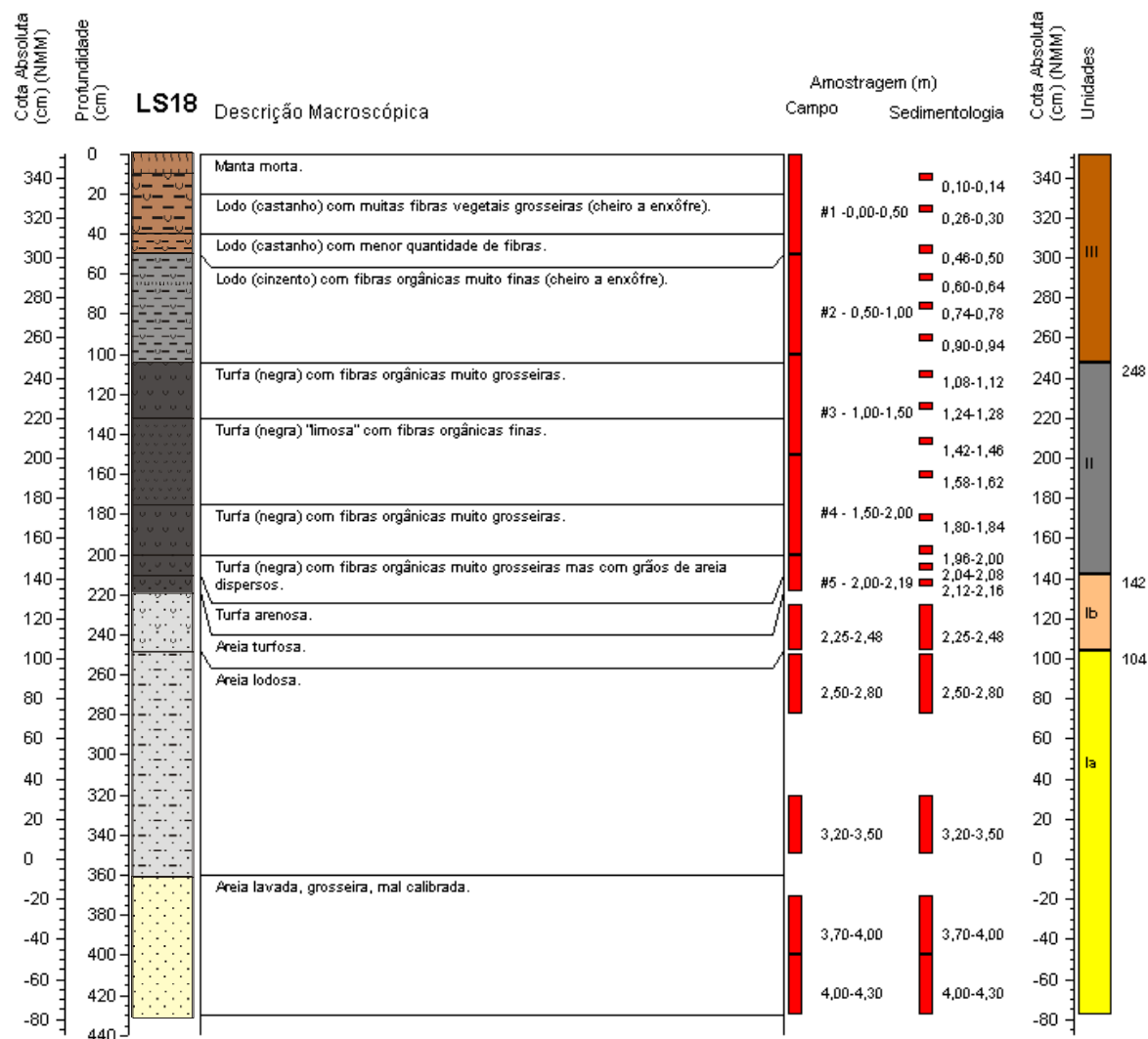












### A.IV.5.1.2 Cota absoluta, profundidade e espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
	4.03	boca do furo (m) (NMM)					
LS1	3.83	0.20	0.20	III	0.00	0.20	Lodo (castanho) com muitas raízes, caniços e outros restos vegetais.
	3.61	0.42	0.22	la'	0.20	0.42	Areão lavado, grosseiro, mal calibrado com calhauzinhos milimétricos rolados.
	3.53	0.50	0.08	II	0.42	0.50	Turfa (negra) com alguns grãos de areia.
	3.43	0.60	0.10	Ib	0.50	0.60	Areão com matriz orgânica (negra).
	4.00	boca do furo (m) (NMM)					
LS2			0.50	III	0.00	0.22	Acumulação de restos vegetais com lodo (castanho).
	3.50	0.50			0.22	0.50	Lodo compacto (castanho) com pequena quantidade de restos vegetais fermentados.
			0.25	Ib	0.50	0.69	Areia muito turfosa (negra), média a grosseira.
	3.25	0.75			0.69	0.75	Areia turfosa (negra), média a grosseira.
	2.96	1.04	0.29	la'	0.75	1.04	Areia (amarela) média com matriz lodosa.
	3.90	boca do furo (m) (NMM)					
LS3			0.50	III	0.00	0.24	Acumulação de restos vegetais com lodo (castanho).
	3.40	0.50			0.24	0.50	Lodo compacto (castanho) com restos vegetais.
	3.15	0.75	0.25	Ib	0.50	0.75	Areia lodosa (negra) muito orgânica.
	3.10	0.80	0.05	la	0.75	0.80	Areia.
	3.75	boca do furo (m) (NMM)					
LS4			0.55	III	0.00	0.23	Acumulação de restos vegetais com lodo (castanho).
	3.20	0.55			0.23	0.55	Lodo compacto (castanho) com restos vegetais.
	3.10	0.65	0.10	Ib	0.55	0.65	Areia turfosa.
	3.05	0.70	0.05	la	0.65	0.7	Areia (amarela) média com matriz lodosa.
	4.01	boca do furo (m) (NMM)					
LS5			0.23	la'	0.00	0.08	Areão com restos de muitas raízes.
	3.78	0.23			0.08	0.23	Areão (cinzento) lavado com grãos de quartzo rolados.
	3.39	0.62	0.39	III	0.23	0.62	Lodo (castanho) com restos vegetais, alguns muito fermentados.
	3.16	0.85	0.23	Ib	0.62	0.85	Areia lodosa (negra) muito orgânica com resto vegetais ficando menos orgânica para a base.
	2.86	1.15	0.30	la	0.85	1.15	Areia.
	3.11	boca do furo (m) (NMM)					
LS6			0.52	III	0.00	0.18	Lodo (castanho) com muitos restos de vegetação.
	2.59	0.52			0.18	0.52	Lodo (cinzento escuro) com restos de vegetais.
	0.95	2.16	1.64	II	0.52	2.16	Turfa (negra) com muitos restos de vegetais (fibras/caules em posição vertical).
	0.51	2.60	0.44	Ib	2.16	2.60	Areia de cor escura rica em matéria orgânica (fibras grosseiras).
	3.11	boca do furo (m) (NMM)					
LS6A		0.00			0.00	0.15	Lodo (castanho) com algumas raízes muito finas.
	2.61	0.50	0.50	III	0.15	0.50	Lodo (cinzento claro) com algumas fibras muito finas. Nível rico em fibras orgânicas entre os 0.38 e 0.42m.
					0.50	0.73	Turfa (castanha a negra) com raízes grosseiras algumas em posição vertical. Entre 0,50-0,57 grãos de areia dispersos.
			1.70	II	0.73	1.28	Lodo (negro) muito orgânico com fibras muito finas. Entre 0,50-0,57 grãos de areia dispersos.
					1.28	1.70	Turfa (negra) com fibras orgânicas grosseiras, algumas em posição vertical.
	0.91	2.20			1.70	2.20	Turfa (negra) com fibras orgânicas muito grosseiras, algumas em posição vertical.
	0.48	2.63	0.43	Ib	2.20	2.63	Areia vasosa (negra), média a grosseira, mal calibrada, com fibras orgânicas algumas em posição vertical.
					2.63	3.24	Areia vasosa, média a grosseira, mal calibrada.
			2.07	la	3.24	3.60	Areia lavada, grosseira, mal calibrada com calhauzinhos.
					3.60	3.70	Areia lavada, média a fina, mal calibrada.
					3.70	4.70	Areia lavada, média a grosseira.
	-1.60	4.70					
	3.11	boca do furo (m) (NMM)					
LS7		0.00			0.00	0.24	Lodo (castanho) com restos de vegetais (in situ, em posição vertical).
			0.59	III	0.24	0.33	Lodo (cinzento) com restos de vegetais fermentados.
	2.52	0.59			0.33	0.59	Lodo(castanho) com limo.
					0.59	1.00	Turfa (castanha escura).
			1.56	II	1.00	1.54	Turfa (castanha escura) muito fermentado com a matéria orgânica de dimensões mais finas (fibras verticais).
	0.96	2.15			1.54	2.15	Turfa (castanha escura) com fibras mais grosseiras.
	0.46	2.65	0.50	Ib	2.15	2.65	Areia com restos vegetais.
					2.65	3.25	Areia lavada.
					3.25	3.35	Lodo turfoso (castanho escuro) (possível contaminação?).
			1.75	la	3.35	3.64	Areia (branca) lavada, grosseira, mal calibrada.
					3.64	4.2	Areia lavada, muito grosseira, mal calibrada, com calhauzinhos.
	-1.29	4.40			4.2	4.4	Cascalheira.

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO O MACROSCÓPICA
					min	máx	
3.11 boca do furo (m) (NMM)							
LS8		0.00	0.55	III	0.00	0.35	Lodo compacto.
					0.35	0.42	Lodo turfoso.
					0.42	0.50	Lodo compacto.
	2.56	0.55			0.50	0.55	Lodo.
			1.60	II	0.55	1.20	Turfa (castanha escura).
	0.96	2.15			1.2	2.15	Turfa (castanha escura) com fibras grosseiras.
	0.71	2.40	0.25	Ib	2.15	2.40	Areia com muitos restos de vegetação.
			0.85	Ia	2.4	2.63	Areia com muitos restos de vegetação.
-0.14	3.25	2.63			3.25	Areia grosseira com calhauzinhos.	
3.23 boca do furo (m) (NMM)							
LS9		0.00	0.50	III	0.00	0.08	Raízes dos caniços.
					0.08	0.40	Lodo (cinzento) com restos vegetais.
	2.73	0.50			0.40	0.50	Areia lodosa com restos vegetais.
			0.95	II	0.50	0.94	Turfa com presença de areia dessiminada.
	1.78	1.45			0.94	1.45	Turfa.
	0.83	2.40	0.95	Ib	1.45	2.4	Areia com vegetais.
	-0.12	3.35	0.95	Ia	2.4	3.35	Areia lavada.
	4.15 boca do furo (m) (NMM)						
LS10		0.00	1.40	Ia'	0.00	0.20	Areia (castanha) média a grosseira, mal calibrada.
					0.20	0.80	Areia (castanha clara) média, bem calibrada.
					0.80	1.20	Areia (cinzenta) grosseira, mal calibrada.
	2.75	1.40			1.20	1.4	Areia (cinzenta) muito grosseira, mal calibrada.
			0.60	Ib	1.4	1.60	Areia (castanha) muito grosseira, mal calibrada.
	2.15	2.00			1.60	2.00	Areia grosseira com restos vegetais.
			2.18	Ia	2.00	2.17	Areia grosseira com restos vegetais.
					2.17	3.2	Areia lavada.
					3.2	3.8	Areia (castanha) grosseira com calhaus.
					3.8	4.08	Areia grosseira.
					4.08	4.18	Areia (branca) lavada, média a fina.
	-0.04	4.18					
3.11 boca do furo (m) (NMM)							
LS11		0.00	0.47	III	0.00	0.32	Lodo compacto.
	2.64	0.47			0.32	0.47	Lodo turfoso.
	0.89	2.22	1.75	II	0.47	2.22	Turfa (castanha).
	0.61	2.50	0.28	Ib	2.22	2.50	Areia com muitos restos vegetais.
3.09 boca do furo (m) (NMM)							
LS12		0.00	0.40	III	0.00	0.10	Lodo (castanho) com muitos restos vegetais.
	2.69	0.40			0.10	0.40	Lodo (cinzento) com restos de vegetais fermentados.
			1.82	II	0.40	1	Turfa (castanha).
					1	2.15	Turfa (negra).
	0.87	2.22			2.15	2.22	Limo (negro) com muitos fragmentos vegetais.
	0.59	2.50			2.22	2.5	Areia média a grosseira, mal calibrada com muitos resto de vegetais (posição vertical).
3.04 boca do furo (m) (NMM)							
LS13		0.00	0.52	III	0.00	0.10	Lodo (castanho) com restos vegetais.
	2.52	0.52			0.10	0.52	Lodo (cinzento) com restos de vegetais fermentados.
			1.82	II	0.52	2.28	Turfa (negra) com caules e folhas em posição de vida.
	0.70	2.34			2.28	2.34	Lodo turfoso arenoso.
	0.54	2.50	0.16	Ib	2.34	2.5	Areia média, mal calibrada.
3.01 boca do furo (m) (NMM)							
LS14		0.00	0.52	III	0.00	0.14	Lodo (castanho) com restos de raízes e vegetais.
	2.49	0.52			0.14	0.52	Lodo (cinzento) com restos de raízes fermentadas.
			2.13	II	0.52	0.57	Turfa (castanha).
	0.36	2.65			0.57	2.65	Turfa (negra).
	0.33	2.68	0.03	Ib	2.65	2.68	Areia média, mal calibrada.
2.94 boca do furo (m) (NMM)							
LS15		0.00	0.45	III	0.00	0.11	Lodo (castanho) com restos vegetais.
	2.49	0.45			0.11	0.45	Lodo (cinzento) com restos vegetais fermentados.
			1.97	II	0.45	0.68	Turfa lodosa.
	0.52	2.42			0.68	2.42	Turfa (negra) com restos vegetais muito grosseiros (em posição vertical).
	0.49	2.45	0.03	Ib	2.42	2.45	Areia média, mal calibrada, com muitos restos vegetais.

Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
	2.92	boca do furo (m) (NMM)					
LS16		0.00	0.82	III	0.00	0.06	Lodo (castanho) com restos vegetais.
					0.06	0.57	Lodo (cinzento).
	2.10	0.82			0.57	0.82	Limo (cinzento).
			1.64	II	0.82	1	Turfa (cinzenta).
					1	1.7	Turfa (negra).
					1.7	2.33	Turfa (negra) muito grosseira com muitos caules e folhas (muito porosa).
	0.46	2.46			2.33	2.46	Limo (negro) arenoso.
	0.42	2.50	0.04	Ib	2.46	2.5	Areia.
	3.27	boca do furo (m) (NMM)					
LS17		0.00	0.79	III	0.00	0.10	Manta morta.
					0.10	0.40	Lodo com muitas raízes de plantas.
					0.40	0.50	Lodo (castanho) com raízes finas (cheiro a enxôfre).
	2.48	0.79			0.50	0.79	Lodo (cinzento) com raízes (cheiro a enxôfre).
			0.59	II	0.79	0.95	Turfa (negra).
					0.95	1.06	Turfa (negra) com grãos de areia.
	1.89	1.38			1.06	1.38	Turfa (negra) muito fermentada com grãos de areia dispersos.
			0.62	Ib	1.38	1.50	Areia quártzica (castanha) média a grosseira com muita turfa misturada.
	1.27	2.00			1.50	2.00	Areia (castanha) média a grosseira, com restos de matéria orgânica muito fina.
	3.27	boca do furo (m) (NMM)					
LS18		0.00	1.04	III	0.00	0.20	Manta morta.
					0.20	0.40	Lodo (castanho) com muitas fibras vegetais grosseiras (cheiro a enxôfre).
					0.40	0.50	Lodo (castanho) com menor quantidade de fibras.
	2.23	1.04	1.06	II	0.50	1.04	Lodo (cinzento) com fibras orgânicas muito finas (cheiro a enxôfre).
					1.04	1.32	Turfa (negra) com fibras orgânicas muito grosseiras.
					1.32	1.75	Turfa (negra) "limosa" com fibras orgânicas finas.
					1.75	2.00	Turfa (negra) com fibras orgânicas muito grosseiras.
	1.17	2.10			2.00	2.10	Turfa (negra) com fibras orgânicas muito grosseiras mas com grãos de areia dispersos.
			0.38	Ib	2.10	2.19	Turfa arenosa.
	0.79	2.48			2.19	2.48	Areia turfosa.
			1.82	Ia	2.48	3.60	Areia lodosa.
	-1.03	4.30			3.60	4.30	Areia lavada, grosseira, mal calibrada.
	2.86	boca do furo (m) (NMM)					
13/LS20A		0.00	0.60	III	0.00	0.23	Lodo (cinzento escuro) com muitos restos orgânicos, muito porosa com raízes na vertical.
	2.26	0.60			0.23	0.60	Lodo (cinzento), mais plástico, com poucas raízes, algumas em posição vertical.
					0.60	0.85	Lodo mais turfoso progressivamente mais enriquecido em MO para a base.
13/LS20B			1.77	II	0.85	1.32	Turfa (negra), na base ligeiramente mais lodosa.
					1.32	2.20	Turfa (negra) com fibras mais grosseiras.
	0.49	2.37			2.2	2.37	Turfa lodosa fina (negra).
	0.17	2.69	0.32	Ib	2.37	2.69	Areia (cinzenta) média, argilosa com MO, bem calibrada, mais lavada para a base.
	2.87	boca do furo (m) (NMM)					
13/LS21		0.00	0.74	III	0.00	0.13	Lodo (cinzento escuro) com matéria orgânica (mais turfosa), mais poroso com presença de raízes na vertical.
					0.13	0.50	Lodo (cinzento), plástico, com poucas raízes finas verticais.
	2.13	0.74			0.50	0.74	Lodo (cinzento) mais turfoso com raízes verticais.
			1.66	II	0.74	1.50	Turfa lodosa, com fibras verticais.
					1.50	2.25	Turfa com fibras mais grosseiras que em cima.
	0.47	2.40			2.25	2.40	Turfa lodosa fina (negra).
	0.30	2.57	0.17	Ib	2.40	2.57	Areia argilosa média, mais enriquecida em matéria orgânica que as areias subjacentes.
	-0.03	2.90	0.33	Ia	2.57	2.90	Areia grosseira a média, lavada. Para o topo enriquece em material fino e orgânico. Presença de um seixo rolado de quartzo.



Refª Sondagem	cota (m) (NMM)	prof. Limite (m)	Espessura (m)	Unidades	LIMITES		DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA
					min	máx	
2.74 boca do furo (m) (NMM)							
13/LS22		0.00	0.65	III	0.00	0.12	Lodo (cinzento escuro) com matéria orgânica (mais turfosa), mais poroso.
					0.12	0.50	Lodo (cinzento, um pouco mais claro entre os 12 e os 24 cm), plástico, com poucas raízes finas verticais.
					0.50	0.65	Lodo (cinzento) mais turfoso com raízes verticais.
	2.09	0.65	1.85	II	0.65	1.50	Turfa lodosa, com fibras verticais.
					1.50	2.28	Turfa com fibras mais grosseiras que em cima.
	0.24	2.50			2.28	2.50	Lodo turfoso fino (negro), fluido.
	0.02	2.72			0.22	Ib	2.50
	-0.16	2.90	0.18	Ia	2.72	2.90	Areia média, lavada, bem calibrada.
2.76 boca do furo (m) (NMM)							
13/LS23		0.00	0.73	III	0.00	0.05	Lodo (cinzento) com matéria orgânica (mais turfosa), mais poroso.
					0.05	0.20	Lodo (cinzento escuro) com poucas raízes finas verticais.
					0.20	0.25	Lodo (cinzento claro - mais minerogénico).
					0.25	0.50	Lodo (cinzento escuro) com poucas raízes finas verticais (quémico ao observado entre os 20 cm).
	2.03	0.73	1.82	II	0.50	0.73	Lodo (cinzento) mais turfoso com raízes verticais.
					0.73	1.43	Turfa lodosa, com fibras verticais.
					1.43	2.48	Turfa com fibras mais grosseiras que em cima.
	0.21	2.55			2.48	2.55	Lodo turfoso fino (negro), fluido.
	0.04	2.72	0.17	Ib	2.55	2.80	Areia argilosa (cinzenta, acastanhada) enriquecida em matéria orgânica.
2.88 boca do furo (m) (NMM)							
13/LS24		0.00	0.40	III	0.00	0.03	Lodo (negro) com matéria orgânica (mais turfoso).
					0.03	0.11	Lodo (cinzento escuro) com fibras/raízes finas verticais.
	2.48	0.40			0.11	0.40	Lodo (cinzento claro/beje, mais minerogénico), a enriquecer para a base em fibras orgânicas mais grosseiras.
			2.10	II	0.4	0.58	Turfa lodosa (castanha).
					0.58	1.36	Turfa lodosa, com fibras verticais. Aparecem 3 lâminas milimétricas (1-2mm) de areia, nas profundidades 75, 78 e 82 cm.
					1.36	2.40	Turfa grosseira.
	0.38	2.50			2.48	2.50	Lodo turfoso (negro).
	0.29	2.59	0.09	Ib	2.50	2.59	Areia média, argilosa enriquecida em matéria orgânica.
	0.08	2.80	0.21	Ia	2.59	2.80	Areia média a grosseira, lavada, bem calibrada.
2.97 boca do furo (m) (NMM)							
13/LS25		0.00	0.54	III	0.00	0.03	Lodo (negro) com matéria orgânica.
					0.03	0.17	Lodo (cinzento acastanhado).
					0.17	0.29	Lodo (cinzento claro, mais minerogénico)
	2.43	0.54			0.29	0.54	Lodo turfoso, fino com raízes finas em posição vertical.
			2.12	II	0.54	1.00	Lodo turfoso, progressivamente grosseiro para a base. Presença de fragmentos de madeira aos 60 e 60 cm.
					1.00	1.50	Turfa (lodosa) fina progressivamente mais grosseira para a base.
					1.5	2.60	Turfa grosseira.
	0.31	2.66			2.6	2.66	Lodo (negro) turfoso fino.
	0.20	2.77	0.11	Ib	2.66	2.77	Areia lodosa fina enriquecida em matéria orgânica.
0.07	2.90	0.13	Ia	2.77	2.90	Areia média a grosseira, lavada com um seixo.	
2.96 boca do furo (m) (NMM)							
13/LS26		0.00	0.40	III	0.00	0.05	Lodo (negro) com matéria orgânica.
					0.05	0.14	Lodo (castanho).
					0.14	0.31	Lodo (cinzento claro, mais minerogénico)
	2.56	0.40			0.31	0.50	Lodo turfoso.
			2.10	II	0.50	1.50	Turfa lodosa.
					1.50	1.90	Turfa lodosa, progressivamente mais grosseira para a base.
					1.90	2.40	Turfa grosseira.
	0.46	2.50			2.40	2.45	Lodo (negro) turfoso fino.
0.37	2.59	0.09	Ib	2.45	2.50	Areia lodosa fina enriquecida em matéria orgânica.	

**A.IV.6 – OUTRAS SONDAGENS NA REGIÃO**



## A.IV.6.1 VÁRIAS SONDAgens

## A.IV.6.1.1 Cota absoluta, profundidade e espessura das unidades e descrição macroscópica dos níveis observados

S1-DF				7	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	10,1	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada	7	-3,1	HOLOCÉNICO (Duna Frontal)	27,50	
10,1	23,5	Areia fina a média, cinzenta escura	-3,1	-16,5			
23,5	25	Areia fina a média, cinzenta clara, com conchas	-16,5	-18			
25	27,5	Areia fina a média, acinzentada	-18	-20,5			
27,5	27,8	Calcário gressoso, amarelado	-20,5	-20,8	MIOCÉNICO	0,30	

S2-DF				10	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	9	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada	10	1	HOLOCÉNICO (Duna Frontal)	30,00	
9	12	Areia grossa, siliciosa, lavada, acinzentada	1	-2			
12	19	Areia média, siliciosa, lavada, cinzenta amarelada	-2	-9			
19	24	Areia grossa, siliciosa, lavada, acinzentada	-9	-14			
24	30	Areia média e grossa, siliciosa, lavada	-14	-20			

S3-DF				10	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	7,5	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada	10	2,5	HOLOCÉNICO (Duna Frontal)	26,50	
7,5	12	Areia grossa, siliciosa, lavada, cinzenta escura	2,5	-2			
12	18	Areia grossa, siliciosa, lavada, cinzenta	-2	-8			
18	24	Areia média, siliciosa, lavada, acinzentada clara	-8	-14			
24	26	Areia média, siliciosa, lavada, acinzentada clara	-14	-16			
26	26,5	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, esbranquiçada	-16	-16,5	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	2,50	
26,5	27	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, acastanhada	-16,5	-17			
27	27,4	Argila, castanha-avermelhada	-17	-17,4			
27,4	29	Areia média a grossa, amarelada, com níveis de argila cinzenta	-17,4	-19	PQ	1,00	
29	30	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada, com alguns calhaus	-19	-20			

S4-DF				12	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	5	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada	12	7	HOLOCÉNICO (Duna Frontal)	18,00	
5	13	Areia fina a média, siliciosa, lavada, esbranquiçada	7	-1			
13	18	Areia fina a média, siliciosa, lavada, levemente esbranquiçada	-1	-6			
18	19	Areia média, acastanhada (escura)	-6	-7	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	4,75	
19	22,75	Argila castanha, por vezes acinzentada e amarelada	-7	-10,75			
22,75	26,5	Areia grossa, acastanhada, com calhaus rolados	-10,75	-14,5	PQ	7,25	
26,5	30	Areia fina, siliciosa, lavada, amarelada	-14,5	-18			

S5-DF				15	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	3	Areia grossa, acastanhada	15	12	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	22,50	
3	7	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, amarelada	12	8			
7	14,3	Areia grossa, siliciosa, lavada, amarelada	8	0,7			
14,3	16	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, esbranquiçada	0,7	-1			
16	17,8	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, acinzentada	-1	-2,8			
17,8	18	Argila acastanhada-acinzentada	-2,8	-3			
18	19,8	Areia grossa, acastanhada, com níveis de argila cinzenta e castanha	-3	-4,8	PQ	7,50	
19,8	22,5	Argila arenosa, acinzentada, amarelada e acastanhada	-4,8	-7,5			
22,5	24	Areia média a grossa, siliciosa, lavada, acastanhada, com alguns calhaus rolados	-7,5	-9			
24	27,8	Areia média, argilosa, acinzentada	-9	-12,8			
27,8	30	Areia fina, siliciosa, lavada, esbranquiçada	-12,8	-15			

S6-DF				17,5	* Cota da boca do furo (m) (NMM)		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)	
0	11	Areia média, siliciosa, lavada, acastanhada	17,5	6,5	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	25,00	
11	13	Areia média, siliciosa, lavada, esbranquiçada	6,5	4,5			
13	17,3	Argila arenosa, cinzenta, amarela e castanha	4,5	0,2			
17,3	18	Areia média, siliciosa, lavada, esbranquiçada	0,2	-0,5			
18	21,5	Areia média, siliciosa, lavada, levemente acinzentada	-0,5	-4			
21,5	25	Argila lodosa e arenosa, cinzenta escura	-4	-7,5	PQ	5,00	
25	30	Areia grossa, siliciosa, lavada, acinzentada, com alguns seixos rolados	-7,5	-12,5			

			19,98	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F1 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média a fina, cinzento escura - Terra vegetal	19,98	18,98	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	4	Areia média a grosseira, cinzento acastanhada	18,98	15,98	
4	19,5	Areia média, com passagens grosseiras, cinzento amarelada	15,98	0,48	
19,5	21,8	Areia argilosa, castanho amarelada	0,48	-1,82	
21,8	29	Areia média, com grânulos feldspáticos, castanho pálido	-1,82	-9,02	
29	30	Areia argilosa, cinzento escura	-9,02	-10,02	PQ
		Areia grosseira, com seixos e calhaus dispersos muito mal rolados, acastanhada			
					?

			27,32	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F2 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média a fina, cinzento escura - Terra vegetal	27,32	26,32	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	4	Areia média a grosseira, cinzento acastanhada	26,32	23,32	
4	21	Areia média a grosseira, cinzenta acastanhada	23,32	6,32	
21	28,4	Areia média feldspática cinzento amarelada	6,32	-1,08	
28,4	30,3	Areia argilosa, acastanhada	-1,08	-2,98	
					30,3

			24,2	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F3 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média a fina, cinzento escura - Terra vegetal	24,2	23,2	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	2	Areia média a grosseira, cinzento acastanhada	23,2	22,2	
2	20	Areia média, amarelo acastanhada	22,2	4,2	
20	25	Areia média a fina, cinzento amarelada	4,2	-0,8	
25	27,5	Areia média, feldspática, amarelo acastanhada, com passagens de areia argilosa amarelo acastanhada	-0,8	-3,3	
27,5	28	Areia média a grosseira, amarelo acastanhada, feldspática	-3,3	-3,8	PQ
28	29,8	Areia média a grosseira, castanha, feldspática, com muitos seixos dispersos	-3,8	-5,6	
		Areia média, feldspática, amarelo acastanhada			
					2,3

			30,9	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F4 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média a fina, cinzenta escura - Terra vegetal	30,9	29,9	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	3	Areia média a grosseira, cinzento acastanhada	29,9	27,9	
3	29	Areia média, amarelo acastanhada	27,9	1,9	
29	30	Areia média, feldspática, amarelo acinzentada	1,9	0,9	
					30

			36,8	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F5 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média, cinzenta escura - Terra vegetal	36,8	35,8	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	3	Areia média, amarelo-acastanhada	35,8	33,8	
3	30	Areia média amarelada	33,8	6,8	
					30

			39,7	Cota da boca do furo (m) (NMM)	
<b>F6 - Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>		
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo
0	1	Areia média a fina, cinzenta escura - Terra vegetal	39,7	38,7	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)
1	3	Areia média, amarela acastanhada	38,7	36,7	
3	30	Areia média amarelada	36,7	9,7	
					30

			22,244	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S1-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,3	Terra vegetal	22,2	21,9	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	16,45
0,3	2,3	Areia grossa a média, cinzenta acastanhada, com matéria orgânica	21,9	19,9		
2,3	4,5	Areia grossa a média castanha clara	19,9	17,7		
4,5	6	Areia grossa a média castanha amarelada	17,7	16,2		
6	16,45	Areia média a grossa amarela esbranquiçada	16,2	5,8		

			23,732	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S2-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	23,7	23,2	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	28,5
0,5	3	Areia grossa a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	23,2	20,7		
3	4,5	Areia grossa a média castanha clara	20,7	19,2		
4,5	6	Areia média a grossa amarela esbranquiçada	19,2	17,7		
6	23	Areia média a grossa amarela esbranquiçada	17,7	0,7		
23	28	Areia média esbranquiçada	0,7	-4,3		
28	28,5	Lodo argilo-siltoso, cinzento claro	-4,3	-4,8		

			23,995	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S3-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	24,0	23,5	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	27
0,5	3	Areia grossa a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	23,5	21,0		
3	6	Areia grossa a média, castanha-amarelada	21,0	18,0		
6	20	Areia média a grossa, amarela esbranquiçada	18,0	4,0		
20	26	Areia média a grossa amarela esbranquiçada	4,0	-2,0		
26	27	Lodo argilo-siltoso, cinzento claro	-2,0	-3,0		

			27,126	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S4-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	27,1	26,6	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	15
0,5	3,2	Areia grossa a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	26,6	23,9		
3,2	4,5	Areia grossa a média, castanho-amarelada	23,9	22,6		
4,5	13,8	Areia grossa a média, amarela esbranquiçada	22,6	13,3		
13,8	15	Areia média a grossa, amarela esbranquiçada	13,3	12,1		

			23,024	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S5-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	1	Terra vegetal	23,0	22,0	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	25
1	4	Areia média a grossa, castanha escura, com matéria orgânica	22,0	19,0		
4	7	Areia média a grossa, castanha clara	19,0	16,0		
7	12	Areia média a grossa amarela-esbranquiçada	16,0	11,0		
12	24	Areia média a grossa, amarela-esbranquiçada	11,0	-1,0		
24	25	Lodo areno-silto argiloso, castanho claro	-1,0	-2,0		

			22,7	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S6-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	22,7	22,2	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	15
0,5	4,2	Areia grosseira a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	22,2	18,5		
4,2	6	Areia grosseira a média, castanha clara	18,5	16,7		
6	8	Areia grosseira a média, amarela-esbranquiçada	16,7	14,7		
8	10,2	Areia média a grosseira, amarela-esbranquiçada	14,7	12,5		
10,2	14	Areia média a fina, amarela-esbranquiçada	12,5	8,7		
14	15	Areia média, amarela esbranquiçada	8,7	7,7		

			24,568	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S7-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	24,6	24,1	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	15
0,5	4	Areia grosseira a média, castanha, com matéria orgânica	24,1	20,6		
4	6	Areia grosseira a média, castanha clara	20,6	18,6		
6	15	Areia média a grosseira, amarela-esbranquiçada	18,6	9,6		

			24,693	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S8-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,5	Terra vegetal	24,7	24,2	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	15
0,5	4	Areia grosseira a média, cinzenta acastanhada, com matéria orgânica	24,2	20,7		
4	6	Areia grosseira a média, castanha clara	20,7	18,7		
6	15	Areia média a grosseira, amarela esbranquiçada	18,7	9,7		

			25,175	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S9-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,2	Terra vegetal	25,2	25,0	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	15
0,2	1,4	Areia grosseira a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	25,0	23,8		
1,4	4,5	Areia grosseira a média, castanha-amarelada	23,8	20,7		
4,5	11,6	Areia média a grosseira, amarela esbranquiçada	20,7	13,6		
11,6	15	Areia grosseira a média, amarela esbranquiçada	13,6	10,2		

			26,768	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S10-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,4	Terra vegetal	26,8	26,4	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	28
0,4	1	Areia grosseira a média, cinzenta a castanha, com matéria orgânica	26,4	25,8		
1	4	Areia grosseira a média, castanha amarelada	25,8	22,8		
4	13	Areia grosseira a média, amarela esbranquiçada	22,8	13,8		
13	27	Areia média, amarela esbranquiçada	13,8	-0,2		
27	28	Lodo silto-argiloso, cinzento claro	-0,2	-1,2		

			23,821	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
<b>S11-Areeiro Monte Velho</b>			<b>Cota (m) (NMM)</b>			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	0,6	Solo de topo - Areia terrosa com matéria orgânica	23,8	23,2	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	29
0,6	4	Areia média a grosseira, castanha, com matéria orgânica	23,2	19,8		
4	6,5	Areia grosseira a média, castanha	19,8	17,3		
6,5	12	Areia grosseira a média, amarela esbranquiçada	17,3	11,8		
12	28,2	Areia média a grosseira, amarela esbranquiçada	11,8	-4,4		
28,2	29	Lodo areno-silto argiloso, castanho claro	-4,4	-5,2		



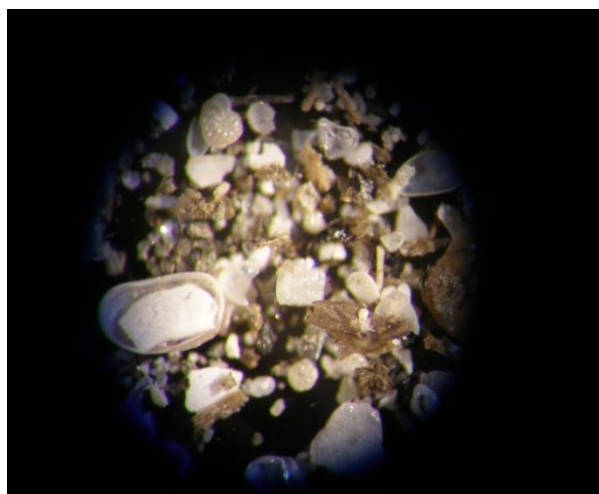
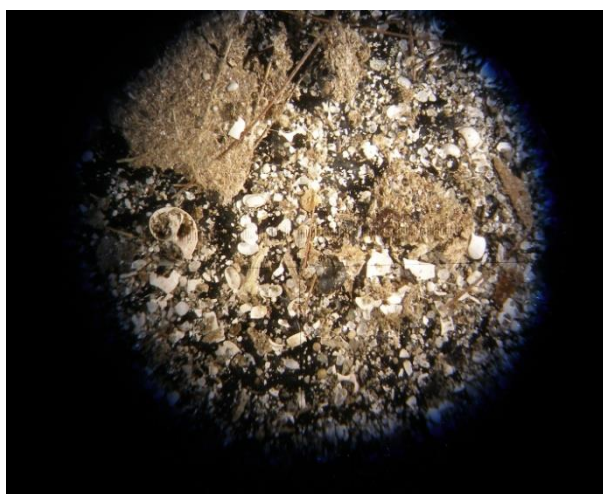
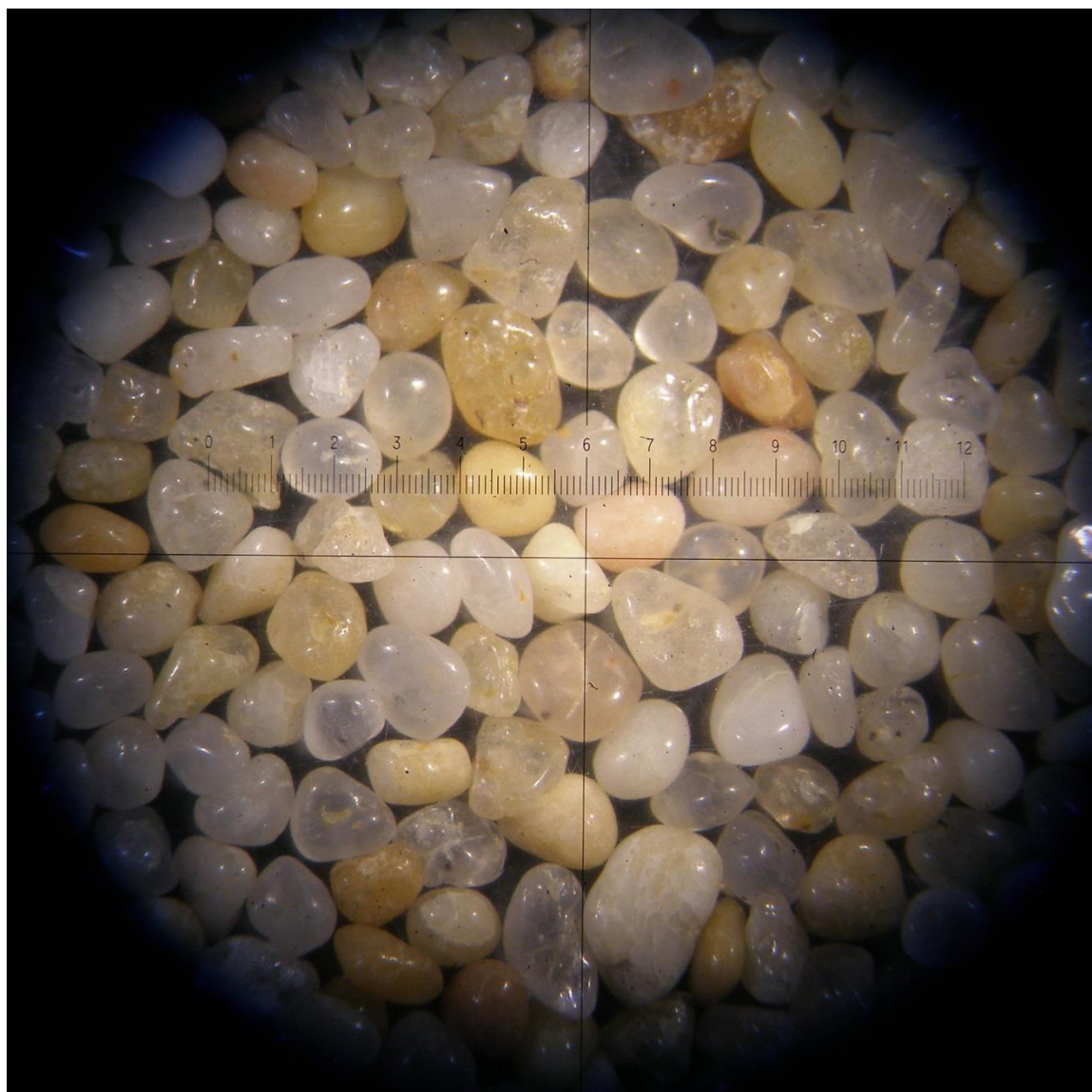
PP			4,573	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
			Cota (m) (NMM)			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0,00	0,46	Areia (cinzenta escura) média a grosseira com muita matéria orgânica e restos de raízes	4,573	4,113	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	9,38
0,46	0,66	Areia (amarela), lavada, média a grosseira	4,113	3,913		
0,66	0,77	Areia (castanha escura) média, muito orgânica	3,913	3,803		
0,91	1,10	Areia lavada	3,663	3,473		
1,10	1,50	Areia (castanha) orgânica	3,473	3,073		
2,23	2,97	Areia (amarela), lavada, média, bem calibrada	2,343	1,603		
3,47	3,54	Areia grosseira (alaranjada), lavada, mal calibrada	1,103	1,033		
3,65	3,83	Areia (branca), lavada, média, bem calibrada	0,923	0,743		
4,40	4,83	Areia (amarela), lavada, grosseira, mal calibrada	0,173	-0,257		
5,57	6,13	Areia (amarela), lavada, média a grosseira, mal calibrada	-0,997	-1,557		
6,13	7,07	Lodo orgânico (cinzento) com bioturbação preenchida por areia ferruginosa	-1,557	-2,497		
7,12	7,76	Lodo (cinzento) muito compacto	-2,547	-3,187		
7,76	8,05	Turfa limosa (negra)	-3,187	-3,477		
8,20	8,60	Lodo (castanho escuro) com lâminas de limo	-3,627	-4,027	PQ	33,84
8,60	9,38	Lodo (cinzento) compacto	-4,027	-4,807		
9,38	9,51	Areia (alaranjada) grosseira, mal calibrada, ferruginosa	-4,807	-4,937		
11,06	11,66	Areia (cinzenta), lavada, média, mal calibrada	-6,487	-7,087		
12,99	13,04	Areia (alaranjada), média, mal calibrada	-8,417	-8,467		
13,04	13,16	Lodo (cinzento esverdeado)	-8,467	-8,587		
13,16	13,25	Areia (amarelada) média, moderadamente calibrada	-8,587	-8,677		
17,85	17,90	Areia (amarelada) média, moderadamente calibrada	-13,277	-13,327		
17,90	20,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada	-13,327	-15,687		
20,32	21,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada	-15,747	-16,687		
21,32	22,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-16,747	-17,687		
22,32	23,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada	-17,747	-18,687		
23,36	24,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-18,787	-19,687		
24,33	25,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-19,757	-20,687		
25,33	26,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-20,757	-21,687		
26,32	27,26	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-21,747	-22,687		
28,24	29,32	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-23,667	-24,747		
29,46	29,83	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-24,887	-25,257		
29,83	30,22	Lodo (acastanhado), com nódulos orgânicos negros	-25,257	-25,647		
30,22	30,40	Areia (alaranjada) fina	-25,647	-25,827		
31,16	31,40	Areia (alaranjada) fina	-26,587	-26,827		
32,74	32,77	Cascalheira	-28,167	-28,197		
32,77	32,81	Lodo (cinzento), com lâminas arenosas	-28,197	-28,237		
32,81	33,14	Areia (cinzenta) fina, com micas	-28,237	-28,567		
33,14	33,20	Lodo (cinzento acastanhado)	-28,567	-28,627		
33,20	33,31	Areia (amarela, alaranjada) fina, com micas	-28,627	-28,737		
33,31	33,44	Cascalheira com matriz de areia/areão grosseiro	-28,737	-28,867		
43,07	43,17	Areia (branca), lavada, média a grosseira, moderadamente calibrada, com fragmentos vegetais	-38,497	-38,597		
43,17	43,22	Areia grosseira com calhaus e micas	-38,597	-38,647		
43,22	43,29	Calcarenito	-38,647	-38,717	Miocénico	0,07

S8-R41			7	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
			Cotas (NMM)			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	1	Cobertura arenosa	7	6	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	14,8
1	4	Areia fina a média, levemente argilosa, amarelada (areia de duna)	6	3		
4	8,8	Areia fina a média, solta, amarelada (areia de duna)	3	-1,8		
8,8	14,8	Areia lodosa, com restos vegetais, negra	-1,8	-7,8	PQ	2,6
14,8	17,4	Areia grosseira, com areão disperso, avermelhada	-7,8	-10,4		

S14-R41			29	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
			Cotas (NMM)			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades presente estudo	Espessura (m)
0	2	Cobertura arenosa, mal calibrada, castanha	29	27	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	2,5
2	2,5	Areia grosseira, amarelada	27	26,5		
2,5	5,5	Areia fina a média, argilosa, consolidada, avermelhada	26,5	23,5	PQ	6,0
5,5	8,5	Areia fina a média, muito argilosa, amarelo escuro	23,5	20,5		
8,5	9,5	Areia fina, micácea, pouco argilosa, amarelada	20,5	19,5	MIOCÉNICO	26,0
9,5	10,5	Areia fina, muito argilosa, amarela	19,5	18,5		
10,5	11,5	Areia fina com algum areão, pouco argilosa, amarelada	18,5	17,5		
11,5	14,5	Areia fina, muito argilosa, amarela	17,5	14,5		
14,5	15,5	Idem, esbranquiçada	14,5	13,5		
15,5	31,2	Areia fina, micácea, argilosa, amarelada	13,5	-2,2		
31,2	33,2	Areola, muito argilosa, amarelo escuro	-2,2	-4,2		
33,2	34,2	Grés fino, argiloso, amarelado	-4,2	-5,2		
34,2	34,5	Areola, muito argilosa, cinzenta	-5,2	-5,5		

P8-R41			12	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
			Cotas (NMM)			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades (minhas)	espessura
0	2	Cobertura de areia mal calibrada	12	10	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	5,2
2	5,2	Areia fina a média, pouco argilosa, cinzento-amarelada	10	6,8		

P9-R41			15	Cota da boca do furo (m) (NMM)		
			Cotas (NMM)			
Topo (m)	Base (m)	Litoestratigrafia	Topo (m)	Base (m)	Unidades (minhas)	espessura
0	2	Cobertura de areias humosas, acastanhadas	15	13	PLISTOCÉNICO (Complexo Dunar Antigo)	5,0
2	5	Areias médias a grosseiras, levemente argilosas, cinzentas	13	10		
5	5,1	Areia fina a média, argilosa, vermelha	10	9,9	PQ	0,1



Anexo V - Álbum Fotográfico

Os Autores das Fotografias são referenciados como:

Anabela Cruces .....	© a.cruces
Cassandra Pólvora.....	© c.pólvora
Maria da Conceição Freitas.....	© c.freitas



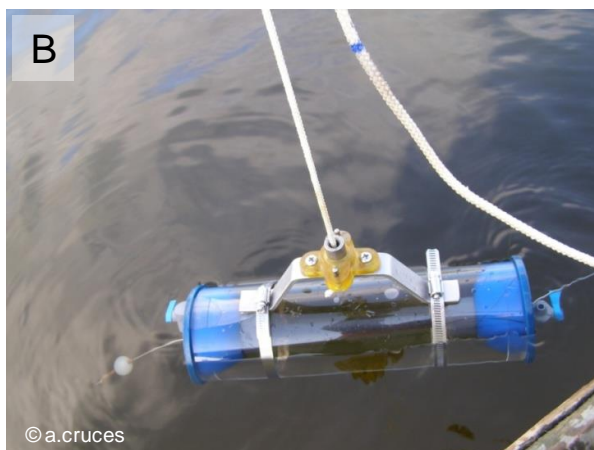
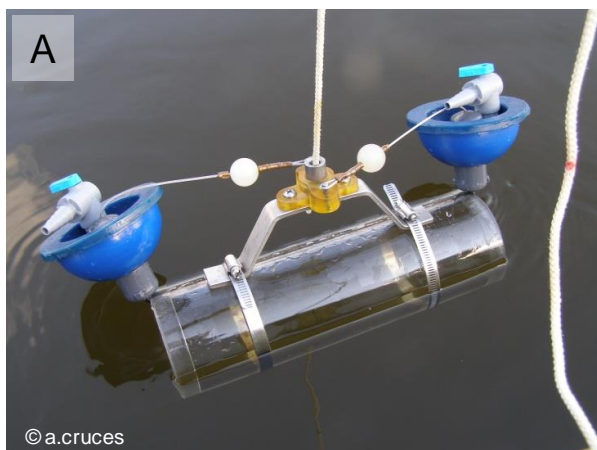
### A.V.1 – METODOLOGIA



**Foto V.1-1** - Tipo de pequena embarcação utilizada nas campanhas de caracterização dos parâmetros físico-químicos do corpo aquoso e para recolha de sedimentos lagunares.



**Foto A.V.1-2** - Sondas de medição in-situ dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma lagunar, medidos a partir de uma pequena embarcação: A - antes da colocação dentro de água; B - colocadas dentro de água.



**Foto V.1-3** - Recolha de água em profundidade com recurso a uma garrafa de colheita Van Dorn: A - garrafa em posição “aberta” iniciando a descida; B - garrafa em posição “fechada” após a recolha de água em profundidade.



**Foto V.1-4** - Utilização de uma estação total Zeiss delta R55 para obtenção da cota do plano de água lagunar, tendo-se obtido as cotas absolutas por ligação a ponto de referência (mãe-de-cotas: marco geodésico da VIGIA, posicionado a norte da laguna), ligado à rede geodésica nacional.



**Foto V.1-5** - Pá utilizada para a recolha dos sedimentos superficiais das dunas, junto aos Poços do Barbaroxa e da Lagoa da Sancha.





**Foto V.1-6** - Draga do tipo Van Veen utilizada para a recolha dos sedimentos superficiais lagunares, em posição “aberta” antes de ser lançada para a colheita.



**Foto V.1-7** - Amostrador de gravidade para recolha de sondagens “curtas” no interior dos corpos lagunares: A - em posição vertical antes de ser lançado para o fundo lagunar; B - após a recolha do testemunho de sedimento.



## A.V.2 – LAGOA DE MELIDES

### A.V.2.1 MICROESCALA



**Foto A.V.2-1** - Segmento costeiro do arco çitoral Tróia-Sines, onde se insere a Lagoa de Melides: A - vista para Sul , observando-se 3 km mais a sul a Lagoa de Santo André; B - Aspecto do cordão que isola a laguna de Melides. Note-se a presença das dunas primárias.



**Foto A.V.2-2** - Zona da barreira arenosa onde se efectua a abertura da barra de maré da laguna de Melides (em situação de barra fechada). Neste local o cordão dunar é menos robusto e o perfil transversal da barreira é mais simples, resultante do rejuvenescimento geomorfológico que lhe é imputado todos os anos, com as aberturas naturais e artificiais da barra de maré.



**Foto A.V.2-3** - Zona da barreira arenosa onde se efectua a abertura da barra de maré da laguna de Melides. Note-se que o perfil transversal da barreira é mais simples, resultante do rejuvenescimento geomorfológico que lhe é imputado todos os anos, com as aberturas naturais e artificiais da barra de maré. Neste sector, entre as “escarpas” da antiga barra de maré o perfil transversal, do mar para terra, começa com uma face de praia reflectiva, normalmente modulada por sistemas de lobos, que passa para um conjunto de uma ou mais bermas que gradam para a praia lagunar sob a forma de leque de galgamento.





**Foto A.V.2-4** - Zona da barreira arenosa onde se efectua a abertura da barra de maré da laguna de Melides (em situação de barra aberta). Neste local o cordão dunar é menos robusto e o perfil transversal da barreira é mais simples, resultante do rejuvenescimento geomorfológico que lhe é imputado todos os anos, com as aberturas naturais e artificiais da barra de maré.

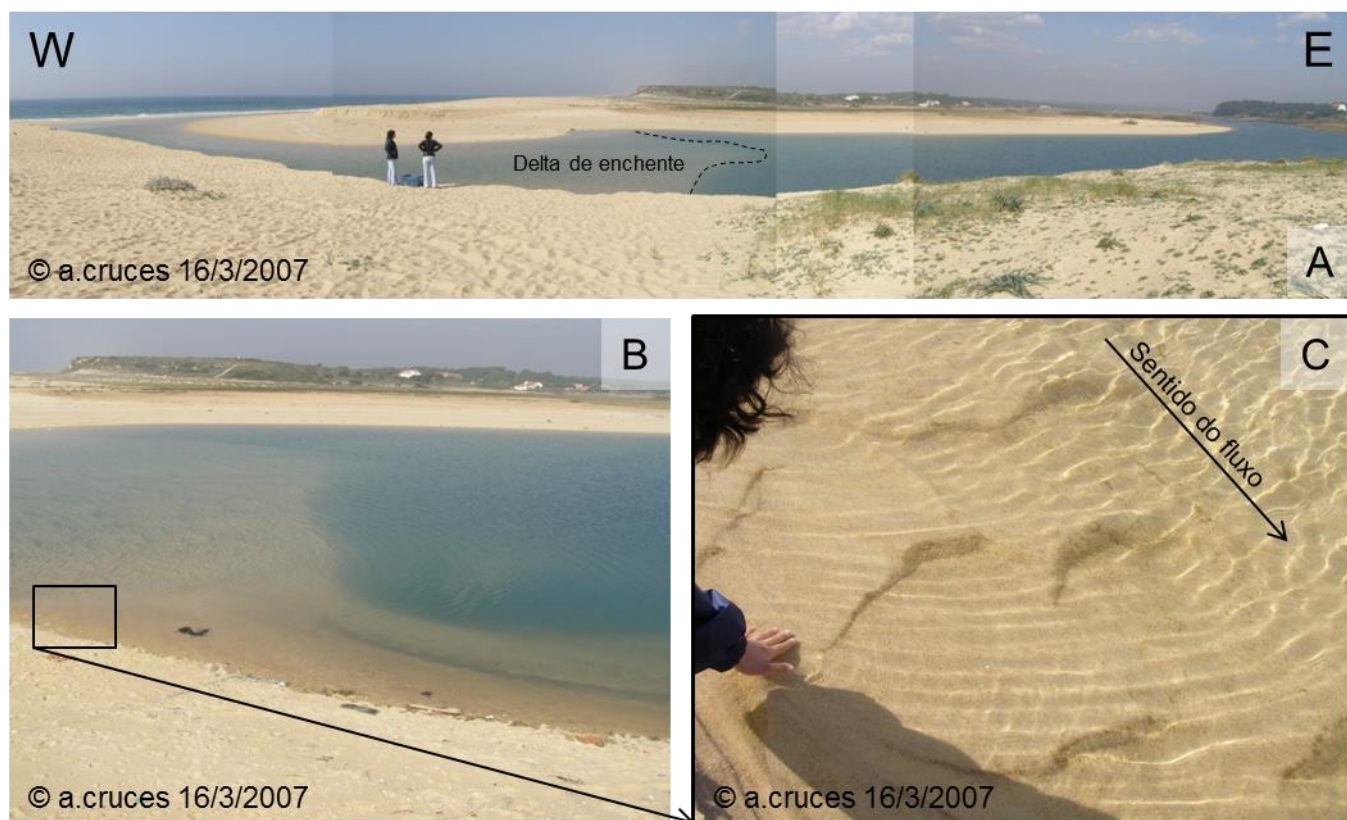


**Foto A.V.2-5** - Primeiro escoamento da água lagunar represada durante a época de Inverno. Note-se o forte fluxo de vazante que injecta água doce a salobra e sedimentos na plataforma. A entrada de água lagunar no oceano faz-se sobre a água salgada oceânica mais densa, materializando-se em forma de uma pluma mais ou menos concêntrica. O transporte de sedimentos é realizado pelo forte fluxo de vazante que lança para a plataforma proximal uma enorme quantidade de materiais de diversas dimensões (areias a argilas).



**Foto A.V.2-6** - Primeiro escoamento da água lagunar represada durante a época de Inverno. O forte fluxo de vazante é responsável pelo aprofundamento a alargamento de um canal rectilíneo (barra de maré).





**Foto A.V.2-7** - Canal de maré durante um período de barra activa, após uma abertura natural, no ano de 2007. Nesse ano o canal permaneceu activo 16 dias e estas imagens foram recolhidas dois dias antes do encerramento, já com a barra de espalho quase soldada à praia, bloqueando parcialmente a embocadura. A - presença do delta de enchente na região vestibular; B - delta de enchente; C - formas de transporte sedimentar ("ripples") no fundo do canal, cobrindo o delta de enchente.



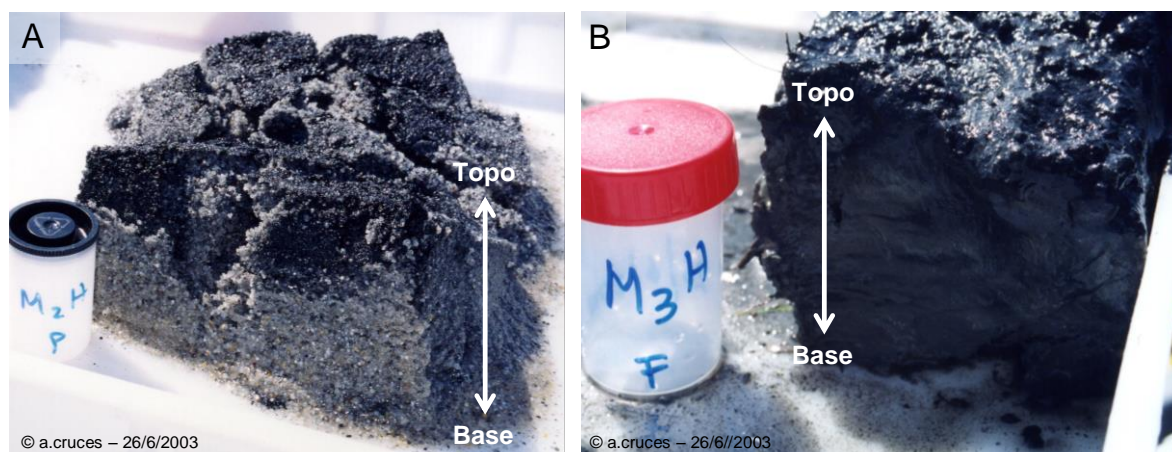
**Foto A.V.2-8** - Canal de maré no dia seguinte à abertura artificial da barra de maré, na laguna de Melides, em 2008: A - durante o Baixa-mar do início da manhã. Note-se o canal de escoamento encaixado entre os dois patamares que ladeiam as escarpas erosivas da barra, B - durante o Preia-mar seguinte. Note-se que o canal de escoamento, passa a ter uma secção mais larga (os patamares ficam agora submersos), cuja largura é igual à distância entre escarpas.



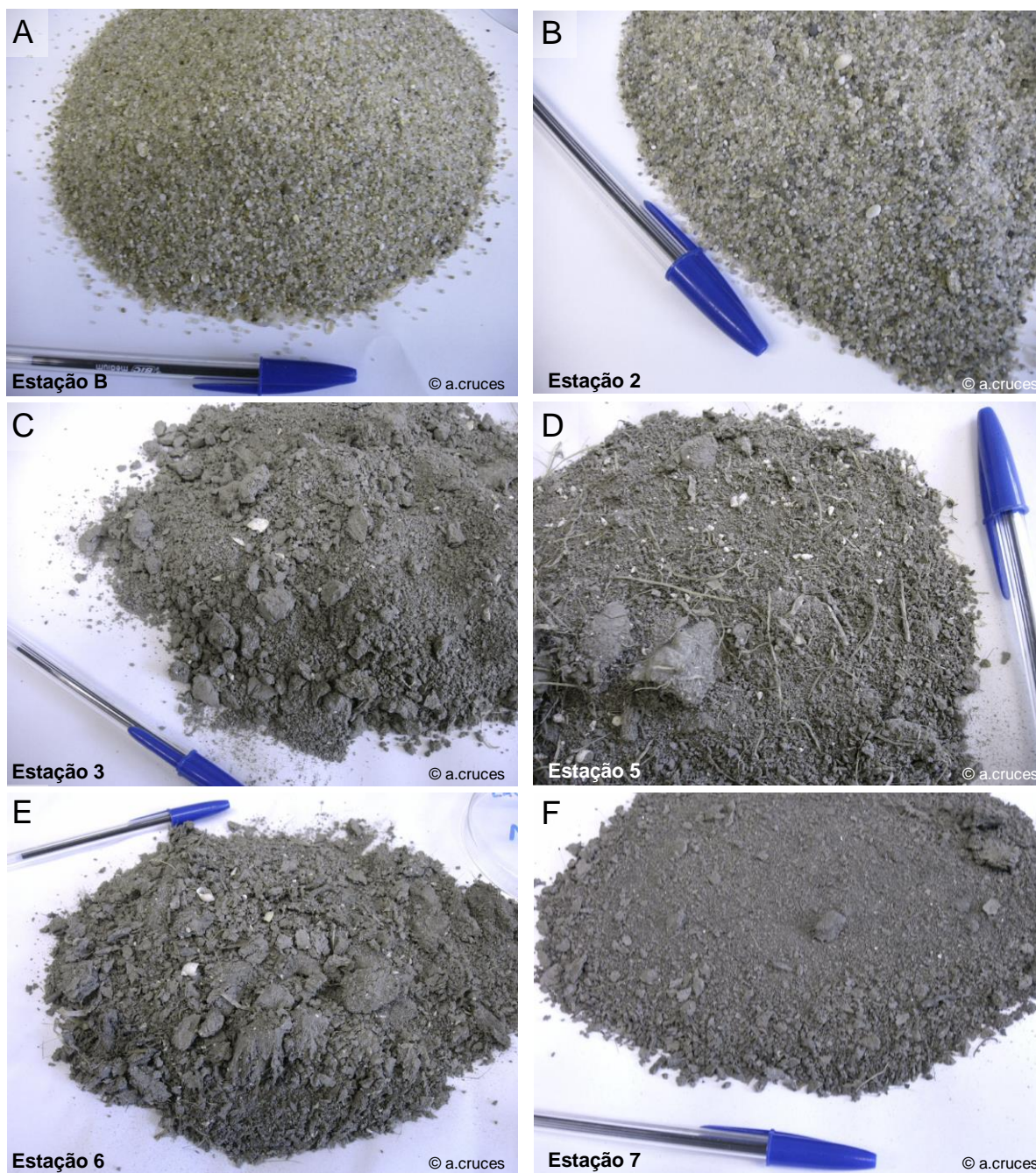
**Foto A.V.2-9 - Extensão e volume de água armazenada na Lagoa de Melides:**

A - após a época de Inverno; B - após a abertura da marra de maré. Neste último caso a entrada de água oceânica processa-se apenas pelos canais mais profundos, como é o caso do que se encontra encostado á margem sul.





**Foto A.V.2-10** - Sedimentos recolhidos, na laguna de Melides, durante a campanha H, dia 26 de Junho de 2003: A - estação 2; B - estação 3.



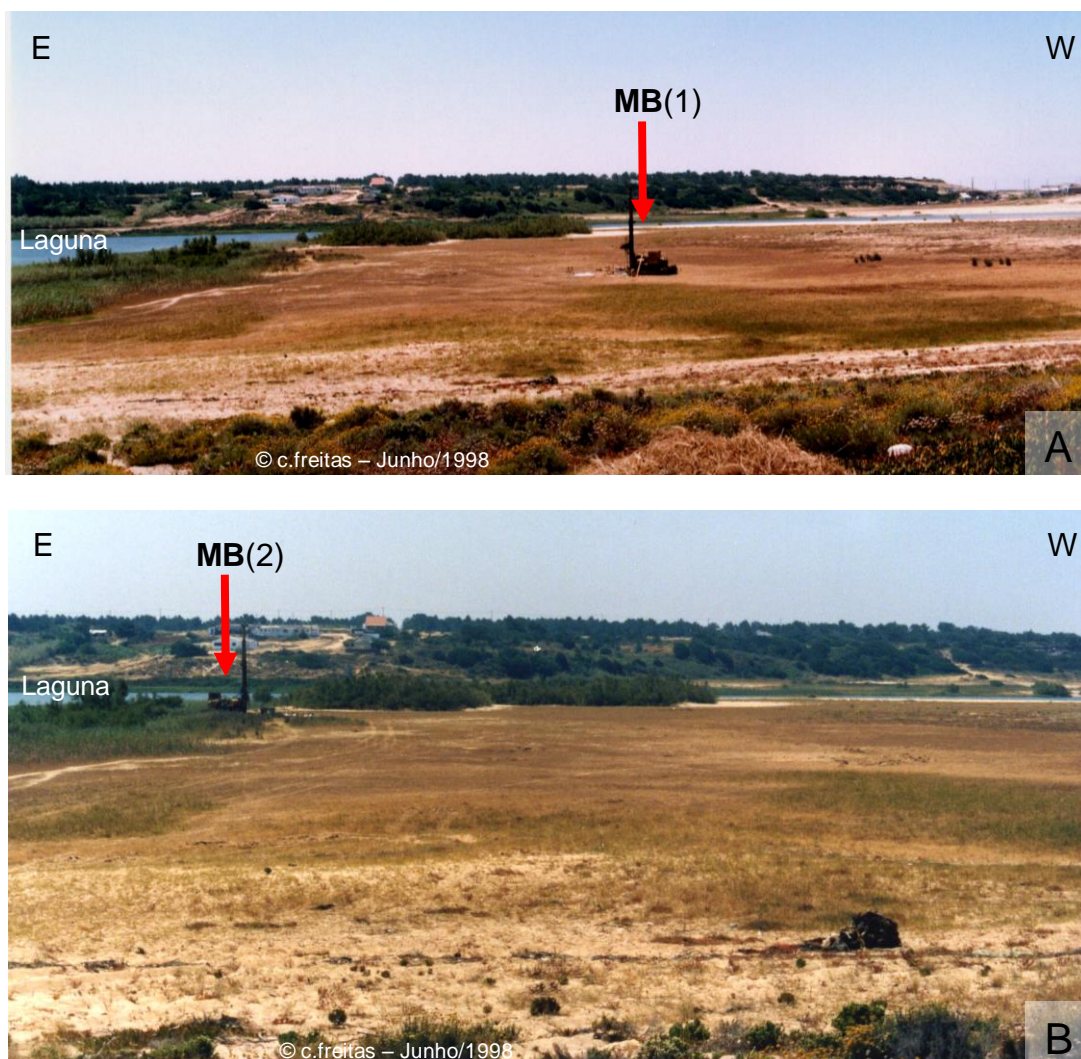
*Foto A.V.2-11 - Aspecto dos sedimentos após secagem (em liofilizador) recolhidos na laguna de Melides durante a campanha H, dia 26 de Junho de 2003, nas diferentes estações amostradas, após liofilização.*





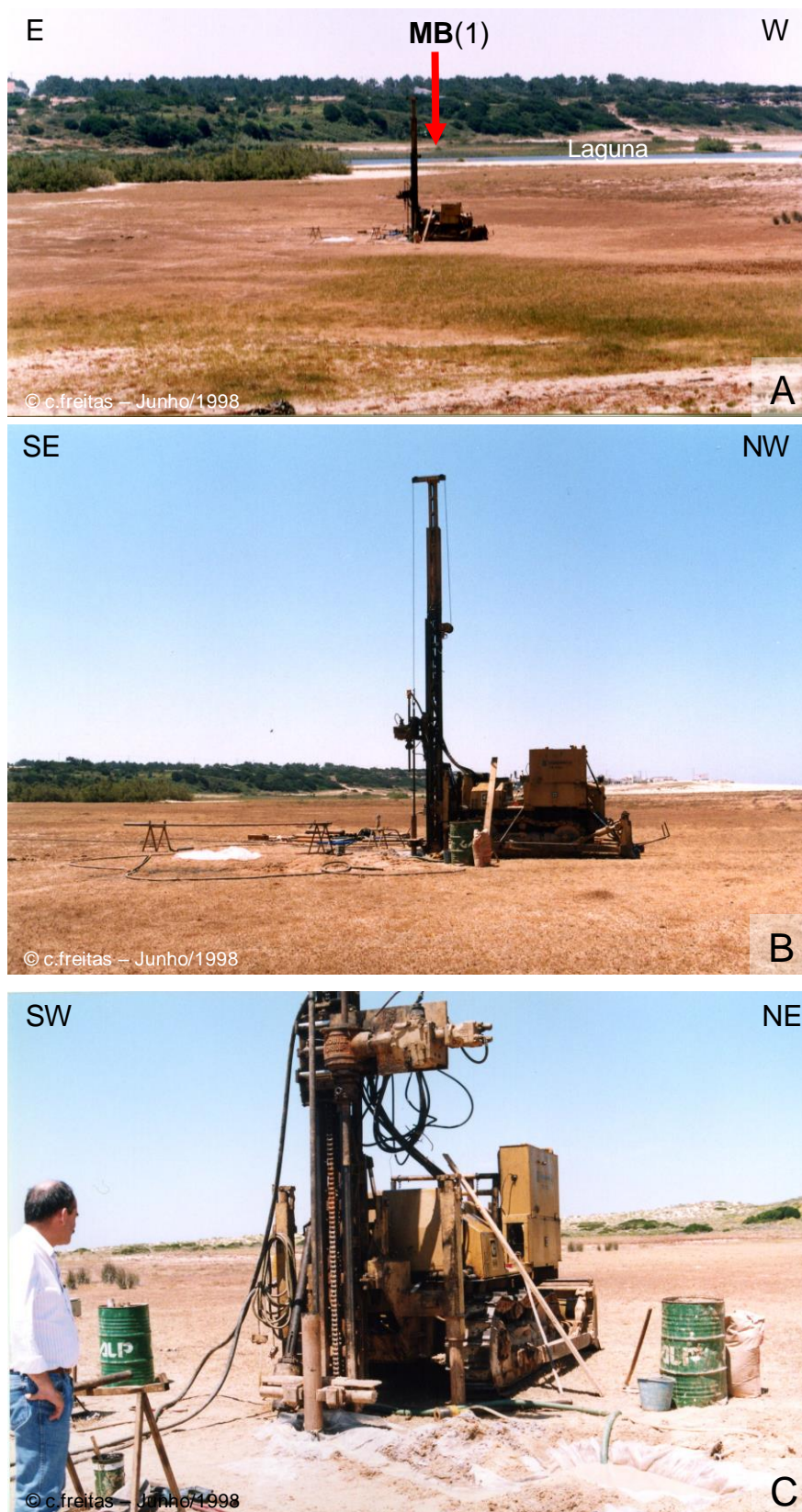
**Foto A.V.2-11 (continuação)** - Aspecto dos sedimentos após secagem (em liofilizador) recolhidos na laguna de Melides durante a campanha H, dia 26 de Junho de 2003, nas diferentes estações amostradas, após liofilização.

## A.V.2.2 MACROESCALA



**Foto A.V.2-11** - Localização da Sondagem “longa” MB, na laguna de Melides. A - 1ª parte da sondagem, MB(1); B - 2ª parte da sondagem, MB(2).





**Foto A.V.2-12** - A - Localização do 2º furo da sondagem “longa” MB, na margem norte da laguna de Melides; B - Máquina de perfuração utilizada; C - Pormenor do equipamento de perfuração da sondagem.

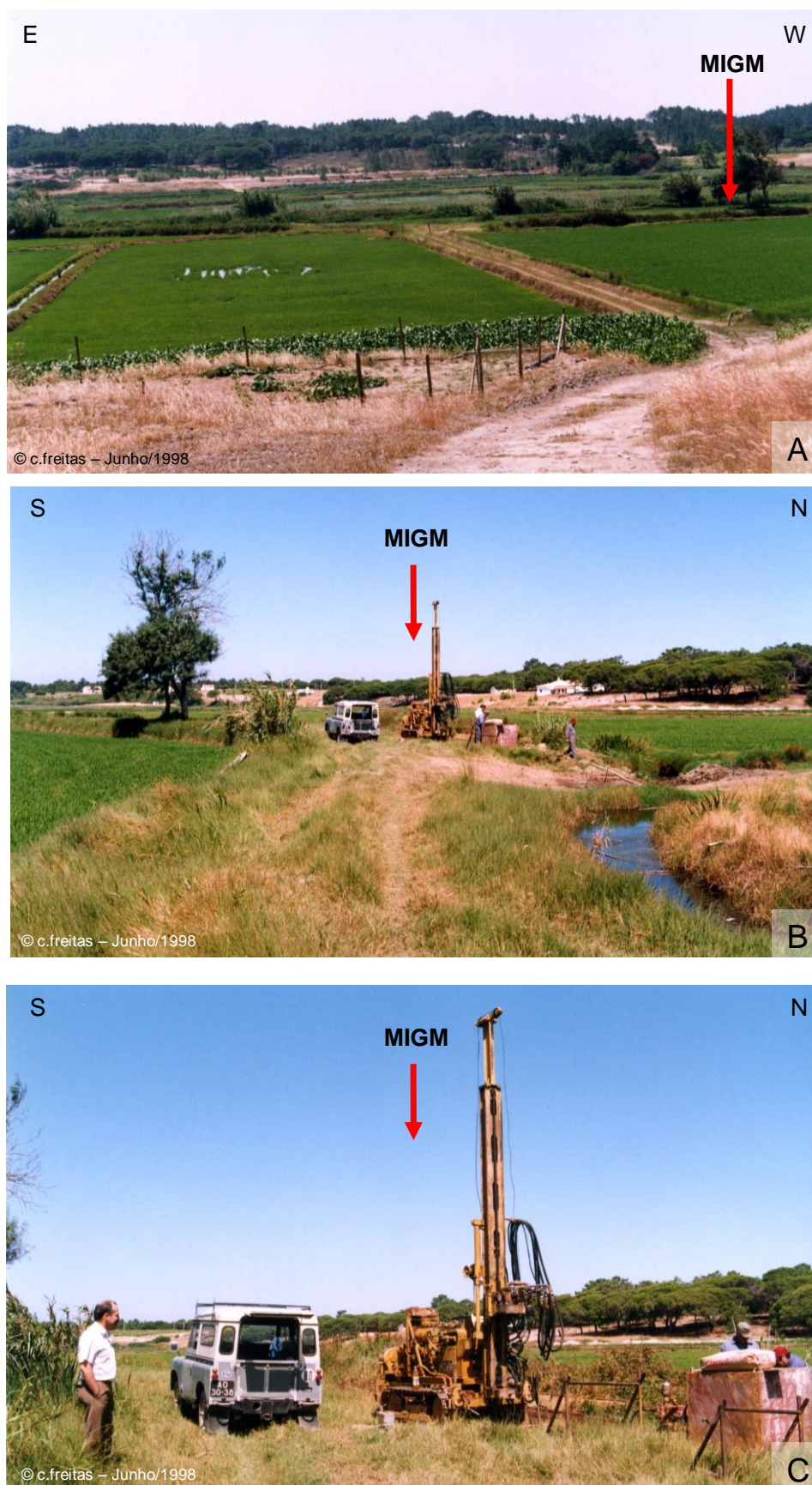


**Foto A.V.2-5** - Localização do 2º furo da sondagem “longa” MB, na margem norte da laguna de Melides.



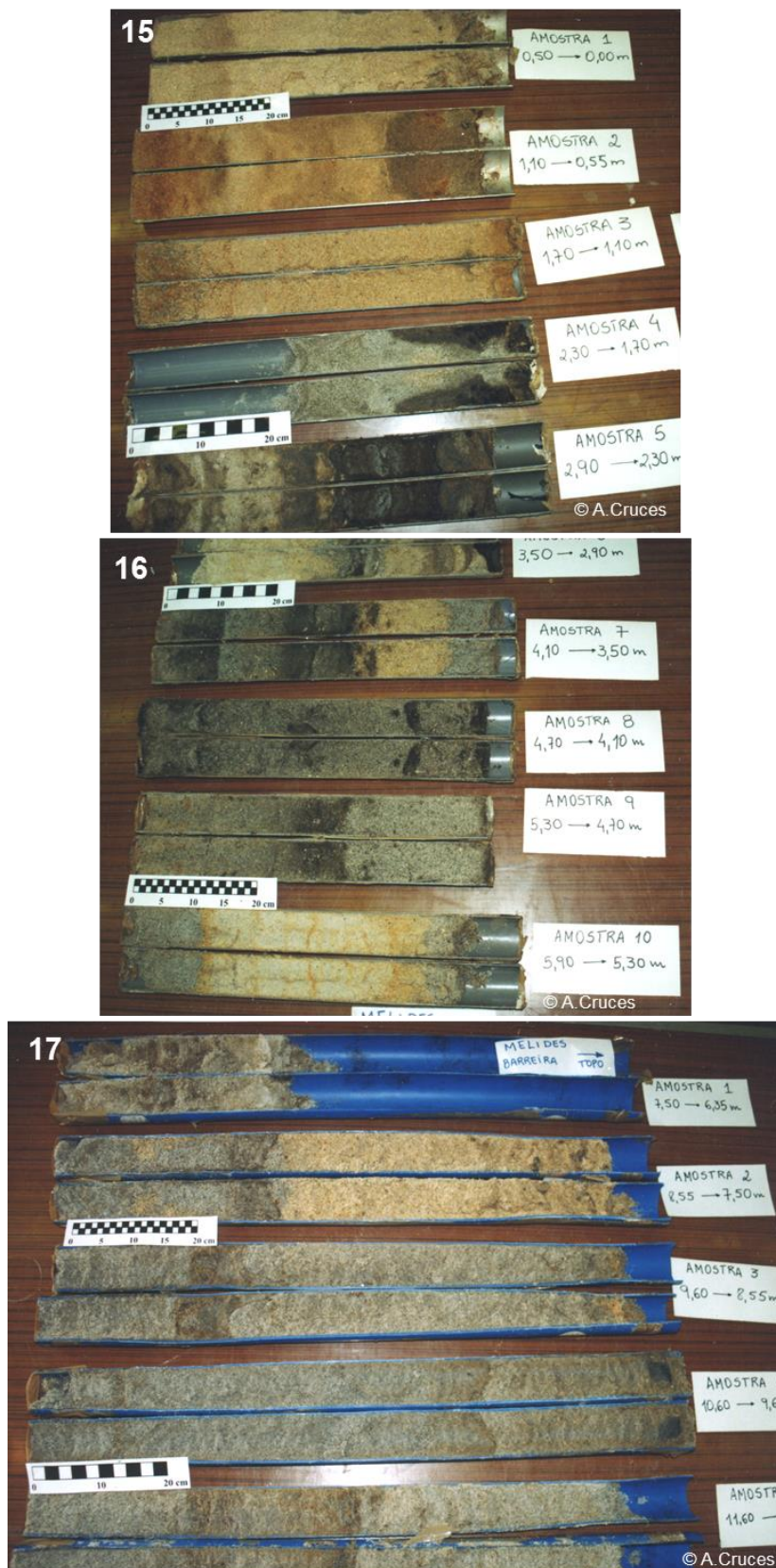
**Foto A.V.2-13** - Pormenor do equipamento de perfuração do 2º furo da sondagem MB.



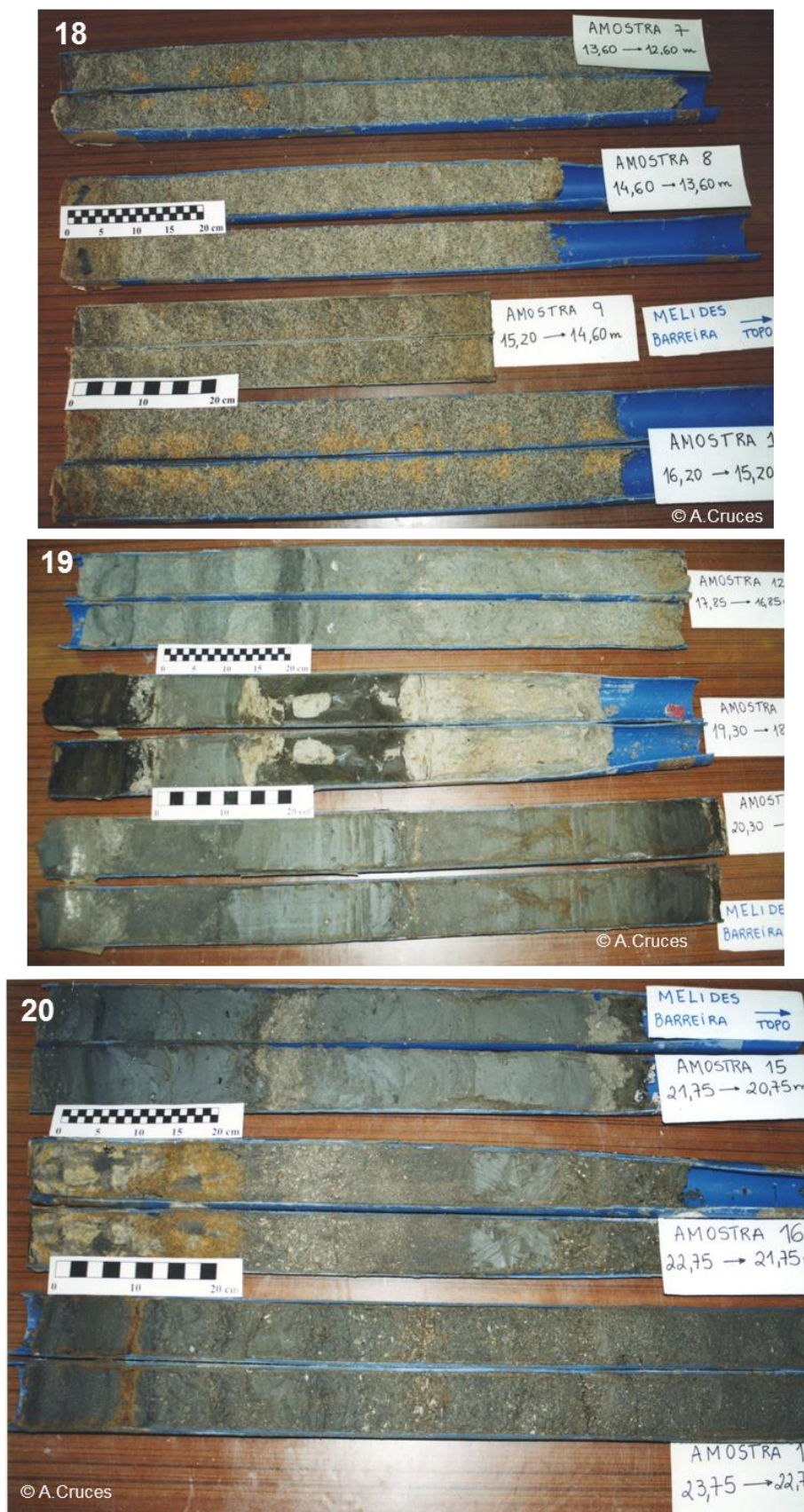


**Foto A.V.2-14** - A - Localização da sondagem “longa” MIGM, na várzea da laguna de Melides; B - Máquina de perfuração utilizada; C - Pormenor do equipamento de perfuração da sondagem.





**Foto A.V.2-15,16,17** - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MB, em secção longitudinal, topo para a direita. Fotos 6 e 7: 1ª parte da sondagem dos 0,0mm a 5,90m (tubos 1 10). Foto 8: 2ª parte da sondagem de 6,35m a 11,60m (tubos 1 a 5).



**Foto A.V.2-18,19,20** - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MB, em secção longitudinal, topo para a direita. 2ª parte da sondagem de 12,60m 23,75m (tubos 7 a 17).





Foto A.V.2-21,22,23 - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MB, em secção longitudinal, topo para a direita. Furo 3 - Tubos 18 a 26. 2ª parte da sondagem de 25,75m 32,0m (tubos 20 a 26).





**Foto A.V.2-24,25,26,27** - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MIGM, em secção longitudinal. Dos 0,00m 4,76 (tubos 1 a 5).





Foto A.V.2-28,29,30 - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MIGM, em secção longitudinal. Dos 4,76 a 11,46m (tubos 6 a 10).





Foto A.V.2-31,32,33,34,35,36,37,38 - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MIGM, em secção longitudinal. Dos 11,46m a 22,96 (tubos 11 a 25).





Foto A.V.2-39,40,41,42 - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MIGM, em secção longitudinal. Dos 22,96 a 28,31m (tubos 26 a 32)..





Foto A.V.2-43,44,45,46,47 - Fotografias dos testemunhos sedimentares da sondagem MIGM, em secção longitudinal. Dos 28,31 33,72m (tubos 33 a 38).

### A.V.3 – POÇOS DO BARBAROXA

#### A.V.3.1 MICROESCALA



**Foto A.V.3-1** - Zona de inundação periódica (clareira na vegetação) existente no bordo oeste do Poço do Barbaroxa de Baixo, actualmente correspondente às cotas mais baixas da depressão.

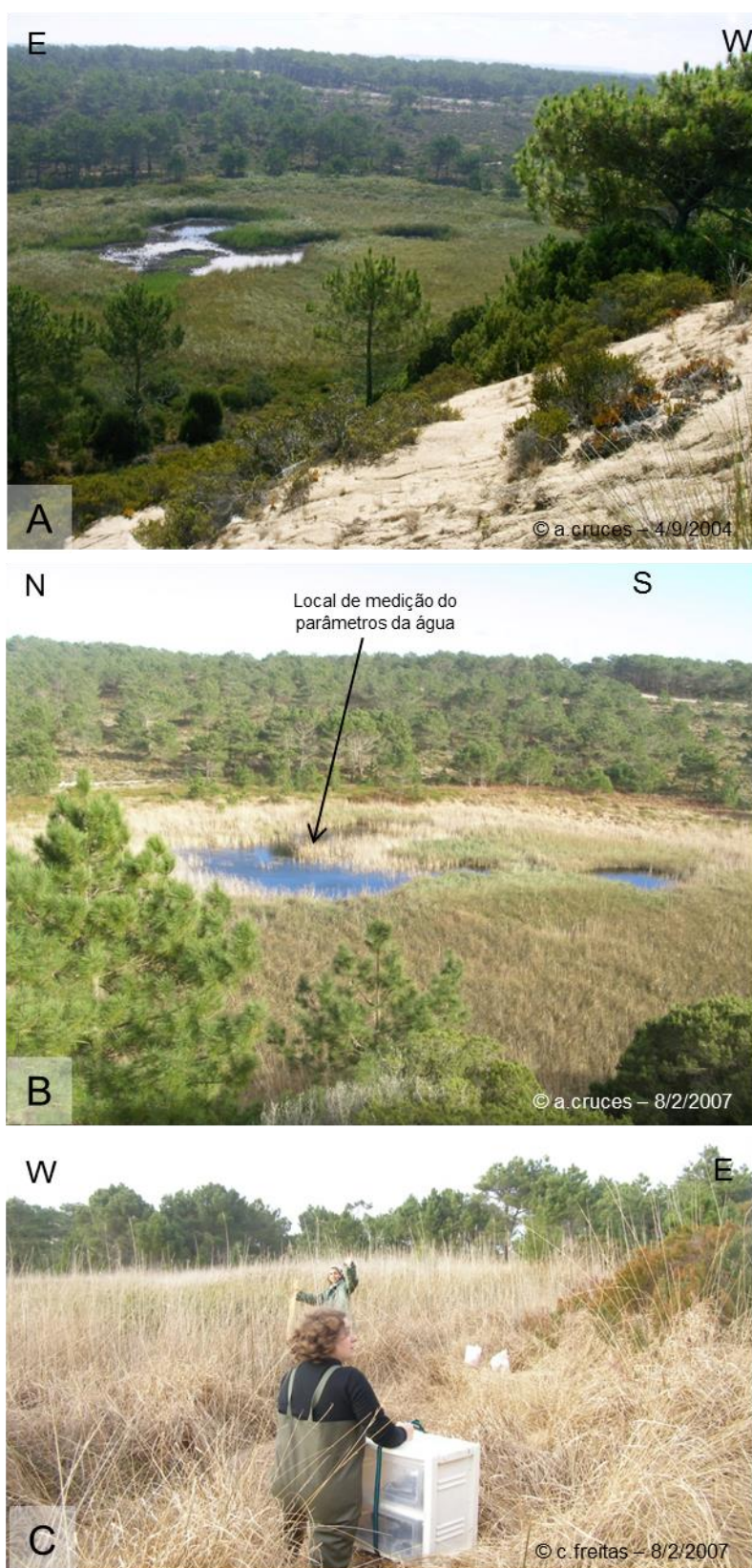
A, B, C - Durante a época das chuvas o nível freático apresenta-se mais elevado, conduzindo à inundação total desta clareira.

D, E, F - Após a época estival. E, F - em anos pouco pluviosos a presença de água restringe-se à extremidade SE da clareira ou esta pode mesmo secar por completo.





**Foto A.V.3-2** - Poço do Barbaroxa de Baixo durante o mês de Dezembro/2012 (A) e Agosto/2013 (C) e a coloração acastanhada típica destas águas (B, D, E).



**Foto A.V.3-3 - Poço do Barbaroxa do Meio:** A) Durante o Verão com o nível freático elevado; B) local onde foi efectuada a medição dos parâmetros físico-químicos da água na campanha de 8/2/2007. Note-se a forma irregular da zona inundada no centro da depressão vegetada; C) Aspecto da vegetação durante a campanha de monitorização no percurso de acesso à clareira inundada.



### A.V.3.2 MACROESCALA



*Foto A.V.3-4 - Abertura do roço no interdunar do Poço do Barbaroxa de Cima com auxílio de uma roçadora.*



*Foto A.V.3-5 - Alinhamento (roço) estabelecido no Poço do Barbaroxa de Cima para execução das sondagens manuais.*





**Foto A.V.3-6 - A, B - Trabalhos de campo no Poço do Barbaroxa de Cima.**



**Foto A.V.3-7 - A, B - Trabalhos de campo no Poço do Barbaroxa de Cima.**



**Foto A.V.3-8 - A, B - Trabalhos de campo no Poço do Barbaroxa de Cima.**



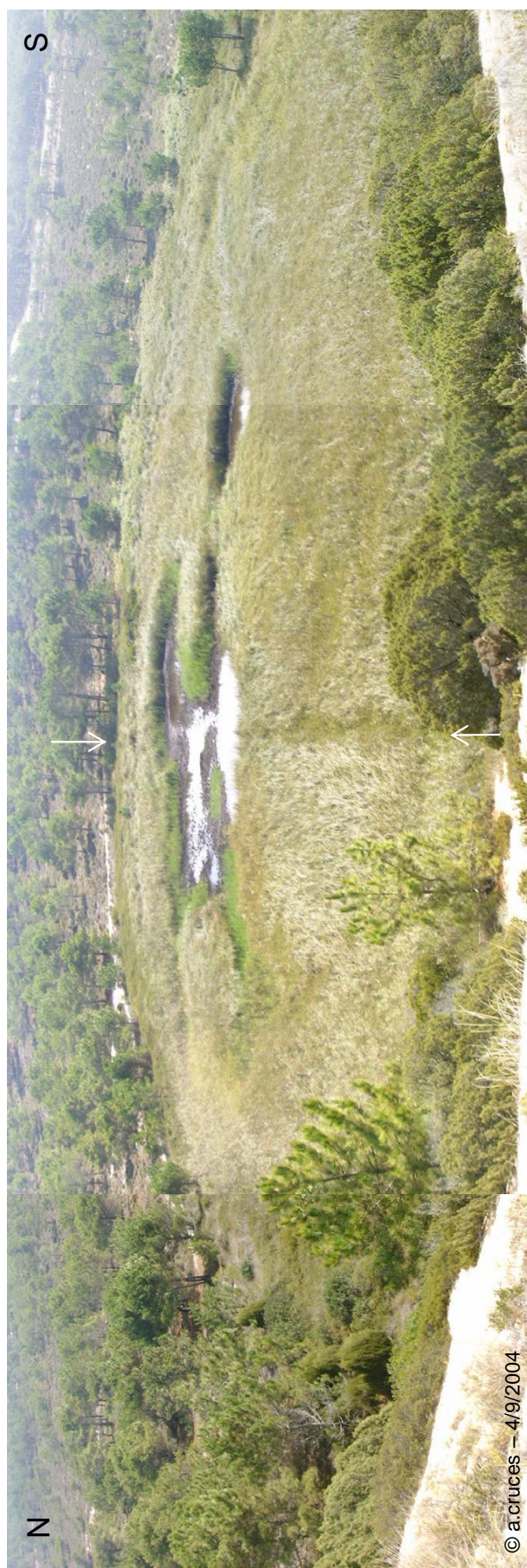


**Foto A.V.3-9** - A - Depressão interdunar - Poço do Barbaroxa de Baixo, note-se o “roço” (assinalado pelas setas brancas) aberto na vegetação do local para permitir a execução das sondagens BB3 a BB15 no perfil transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar, em Setembro de 2002. B - recuperação da vegetação interdunar no “roço”, em Julho de 2005, cerca de três anos após os trabalhos de campo.





**Foto A.V.3-10** - Depressão interdunar - Poço do Barbaroxa de Baixo, note-se o “roço” (assinalado pelas setas brancas) aberto na vegetação do local para permitir a execução das sondagens BB3 a BB15 no perfil transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar.



**Foto A.V.3-11** - Depressão interdunar - Poço do Barbaroxa do Meio, note-se o “roço” (assinalado pelas setas brancas) aberto na vegetação do local para permitir a execução das sondagens BM3 a BM21 no perfil transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar. A vegetação encontra-se quase já recuperada cerca de dois anos após os trabalhos de campo em 2 de Setembro de 2002.





Foto A.V.3-12 - A, B - Depressão interdunar - Poço do Barbaroxa de Cima, note-se o "roço"(assinalado pelas setas brancas) aberto na vegetação do local para permitir a execução das sondagens BC2 a BC15 no perfil transversal ao alinhamento máximo da depressão interdunar; C - pormenor do alinhamento das sondagens e sinalização dos locais de três sondagens (setas azuis).





**Foto A.V.3-13** - Campanha de campo para recolha das sondagens BxBx3 e BxBx5 no Poço d Barbaroxa de Baixo, em 27/10/2010. A - recolha com o equipamento Livingstone, a partir de uma plataforma; B - levantamento altimétrico.

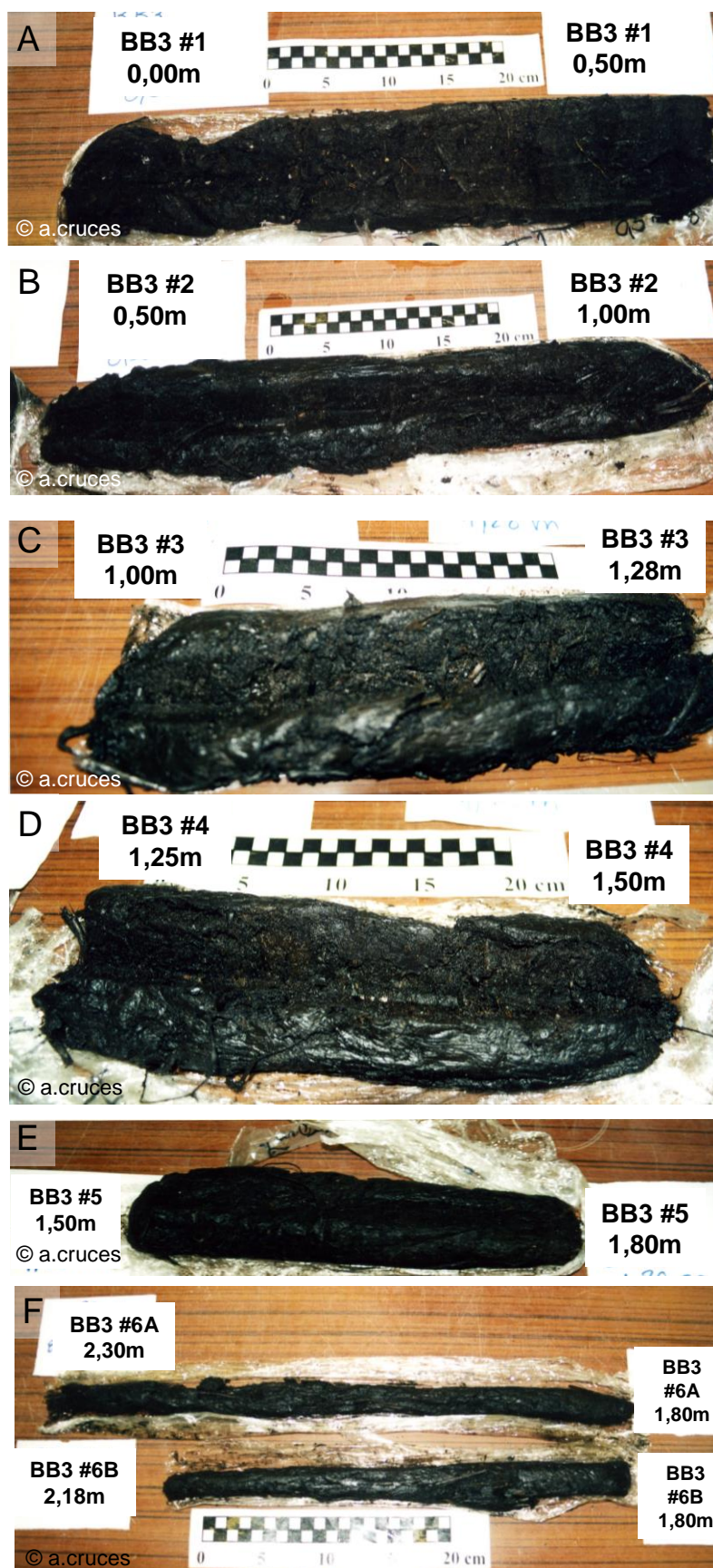




**Foto A.V.3-14** - Sedimentos recuperados na sondagem BB1 entre 1,16 e 3,10m durante a campanha de prospecção em 12/2/2002 no Poço do Barbaroxa de Baixo.



**Foto A.V.3-15** - Sedimentos recuperados na sondagem BB3 (amostra #9) entre os 3,30 e 3,73m com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana, note-se na base o contacto com areias. Os sedimentos são imediatamente protegidos com película aderente e colocados em bases de PVC para sua protecção.



*Foto A.V.3-16 - Sedimentos recuperados na sondagem BB3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.*



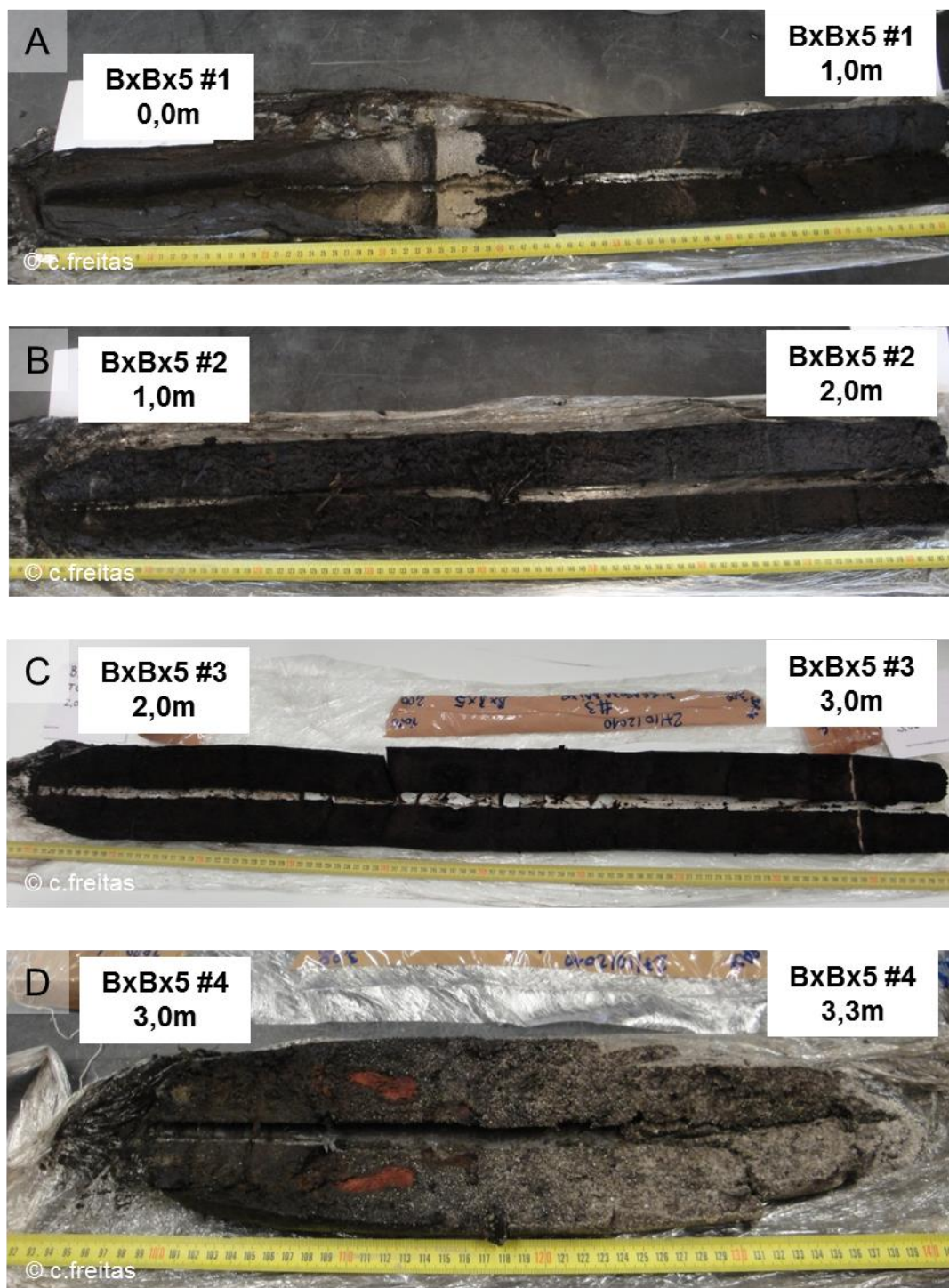


**Foto A.V.3-16 (continuação)** - Sedimentos recuperados na sondagem BB3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.



**Foto A.V.3-17** - Sedimentos recuperados na sondagem BB3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.

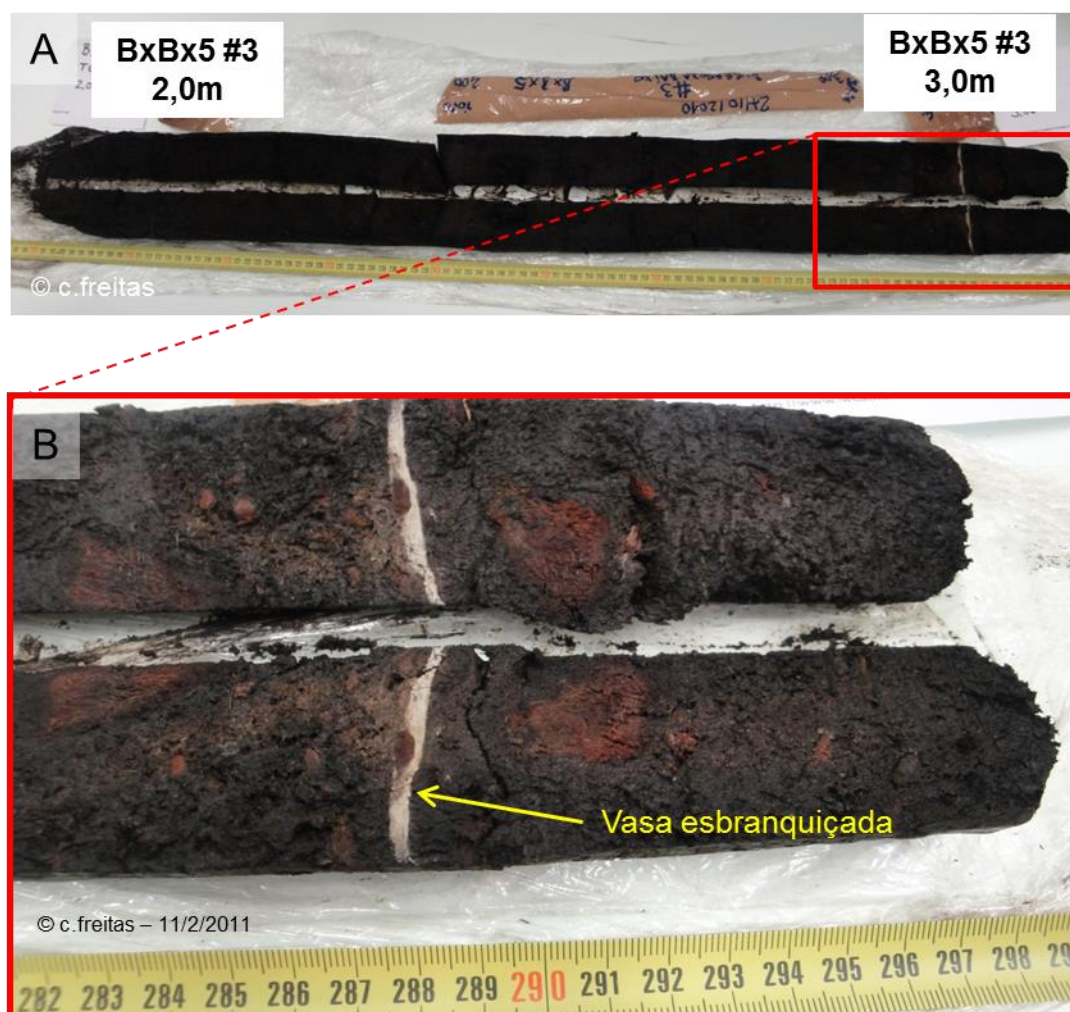




*Foto A.V.3-18 - Sedimentos recuperados na sondagem BxBx5 B3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual do tipo livingston.*



**Foto A.V.3-19** - A - Segmento (#1) da sondagem BxBx5; B - pormenor da zona com sedimentos arenosos no meio da turfa.



**Foto A.V.3-20** - A - Segmento (#3) da sondagem BxBx5; B - pormenor da zona com sedimentos vasosos esbranquiçados no meio da turfa.





**Foto A.V.3-21** - Sedimentos recuperados na sondagem BM3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.

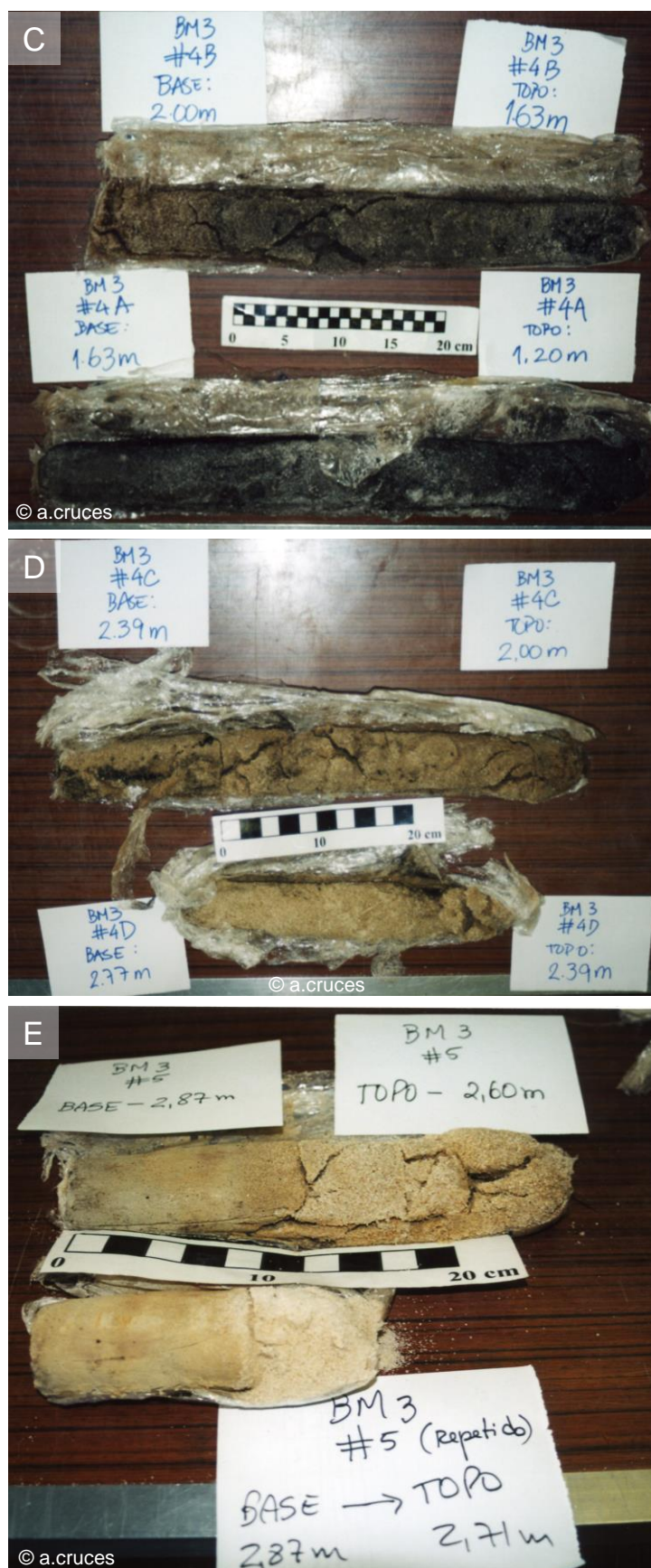
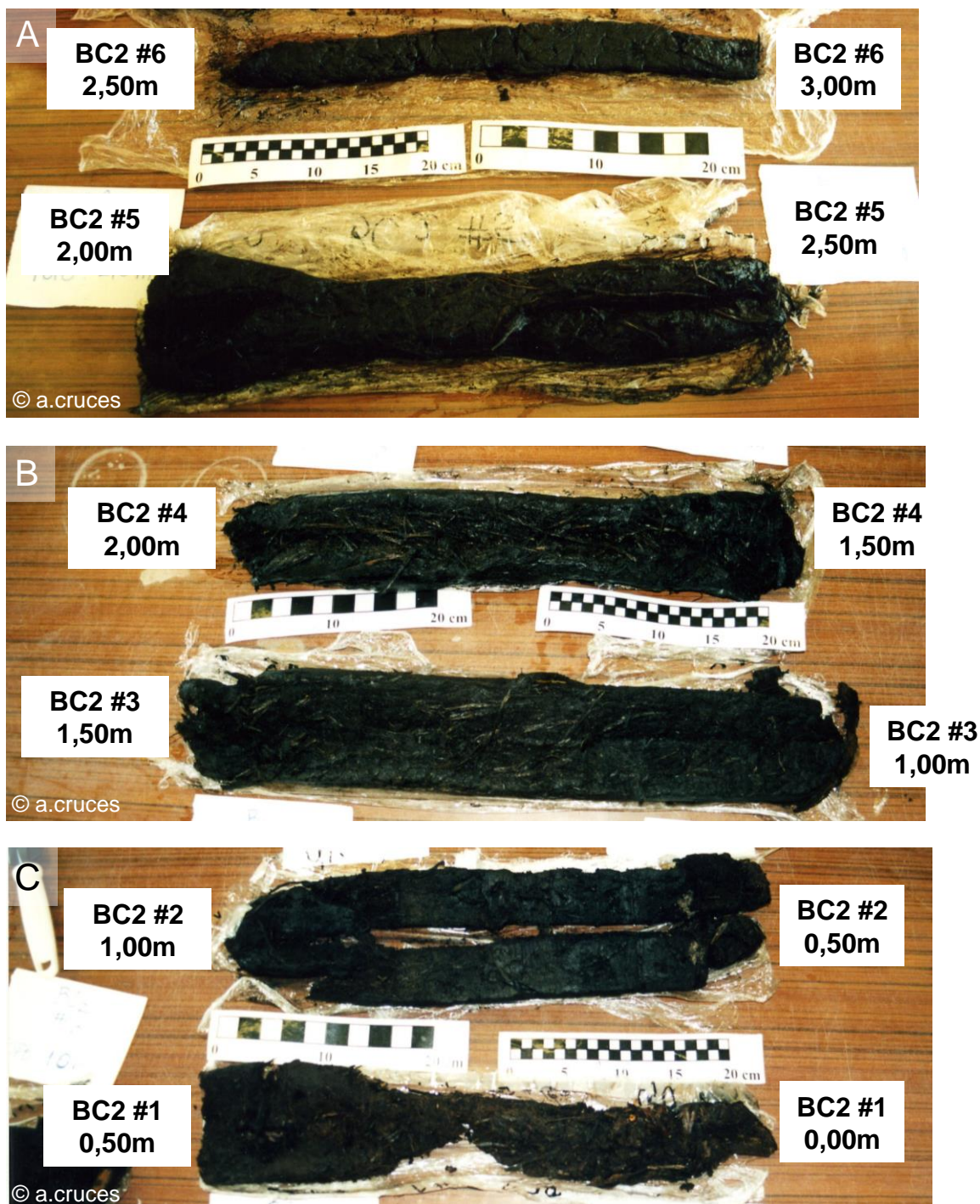


Foto A.V.3-21 (continuação) - Sedimentos recuperados na sondagem BM3 com recurso equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.





**Foto A.V.3-22** - Sedimentos recuperados na sondagem BM13 com recurso a equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.



*Foto A.V.3-23 - Sedimentos recuperados na sondagem BC2 BM13 com recurso a equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.*





**Foto V.3-24** - Sedimentos recuperados na sondagem BC6 com recurso a equipamento ligeiro de perfuração manual com amostrador do tipo meia-cana.



**Foto A.V.3-25** - Sedimentos recuperados na sondagem BC1 entre 0,54 e 3,07m na campanha de prospecção efectuada em 12/2/2002 no Poço do Barbaroxa de Cima. Note-se o tom mais escuro das areias da subunidade Ib como consequência do aumento do teor de matéria orgânica promovido pela instalação das comunidades pioneiras de vegetação quando o nível freático atingiu cota próxima do fundo do interdunar.

## **A.V.4 – LAGOA DA SANCHA**

### **A.V.4.1 MICROESCALA**

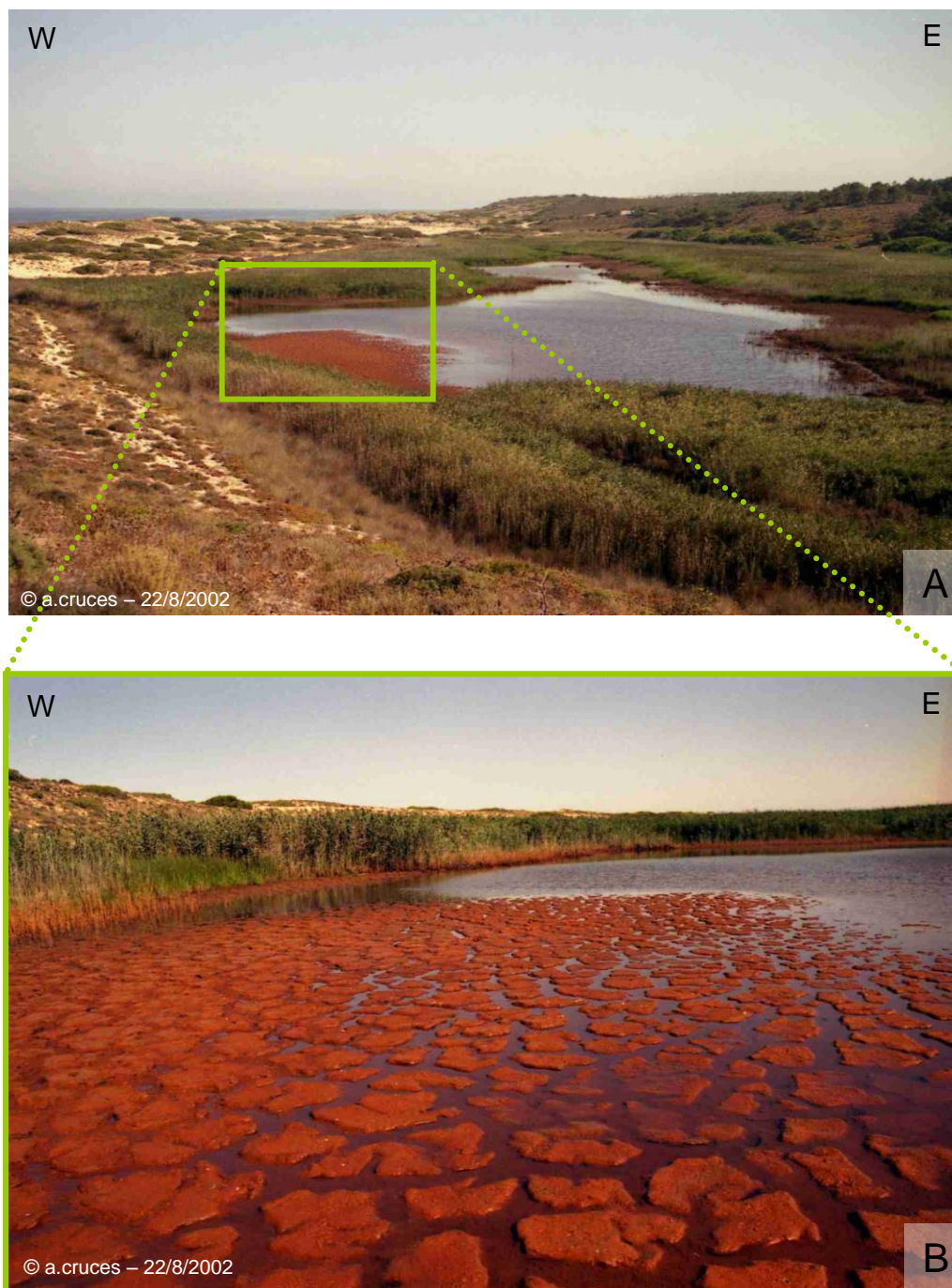


*Foto A.V.4-1 - Lagoa da Sancha em Junho de 2001, aquando da 1ª campanha de monitorização dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma de 90 cm de espessura.*



*Foto A.V.4-2 - Recolha dos sedimentos do fundo lagunar com auxílio de uma draga Van-veen a partir de uma pequena embarcação, na Lagoa da Sancha em Junho de 2001.*





**Foto A.V.4-3** - A - Lagoa da Sancha em Agosto de 2002 com um corpo aquoso de reduzida dimensão e espessura, deixando exposta parte dos sedimentos de fundo, principalmente a W; B - Aspecto dos sedimentos de fundo, de coloração alaranjada, revelando um mosaico de formas poligonais separadas por fendas de dessecação, como resultado de uma exposição prolongada dos sedimentos durante um episódio de secagem importante da Lagoa da Sancha.

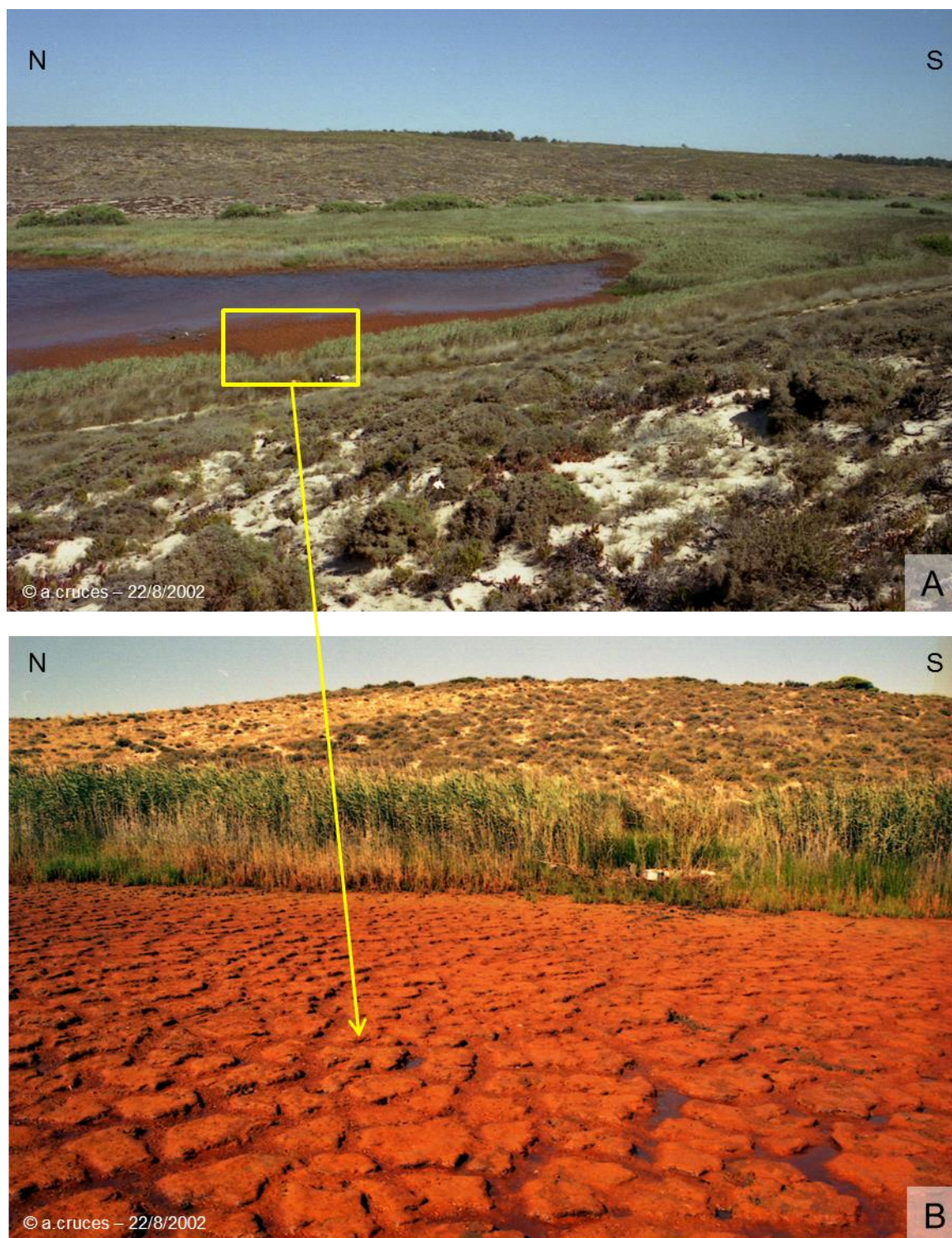


**Foto A.V.4-4** - Lagoa da Sancha em Agosto de 2002 com um corpo aquoso de reduzida dimensão e espessura, deixando exposta parte dos sedimentos de fundo, principalmente a W. O fundo lagunar exhibe grandes fendas de dessecação, o que lhe confere um padrão de formas poligonais. A coloração alaranjada resulta da presença de uma fina (cerca de 2-3mm) crosta de óxidos de Fe, por baixo da qual os sedimentos apresentam o tom cinzento característico de lodos orgânicos lagunares.



**Foto A.V.4-5** - Lagoa da Sancha em Agosto de 2002 com um corpo aquoso de reduzida dimensão e espessura, deixando exposta parte dos sedimentos de fundo, principalmente a W. O fundo lagunar exhibe grandes fendas de dessecação, o que lhe confere um padrão de formas poligonais. A coloração alaranjada resulta da presença de uma fina (cerca de 2-3mm) crosta de óxidos de Fe, por baixo da qual os sedimentos apresentam o tom cinzento característico de lodos orgânicos lagunares. Esta crosta ferruginosa é suficientemente endurecida para suportar o peso de uma pessoa impedindo o seu afundamento no lodo.





**Foto A.V.4-6** - A - Lagoa da Sancha em Agosto de 2002 com um corpo aquoso de reduzida dimensão e espessura, deixando exposta parte dos sedimentos de fundo, principalmente a W; B - O fundo lagunar exhibe grandes fendas de dessecação, o que lhe confere um padrão de formas poligonais. A coloração alaranjada resulta da presença de uma fina (cerca de 2-3mm) crosta de óxidos de Fe, por baixo da qual os sedimentos apresentam o tom cinzento característico de lodos orgânicos lagunares.





**Foto A.V.4-7** - Lagoa da Sancha em Fevereiro de 2007, durante uma campanha de monitorização dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma de 85 cm de espessura.



**Foto A.V.4-8** - Lagoa da Sancha em Outubro de 2009, completamente seca.



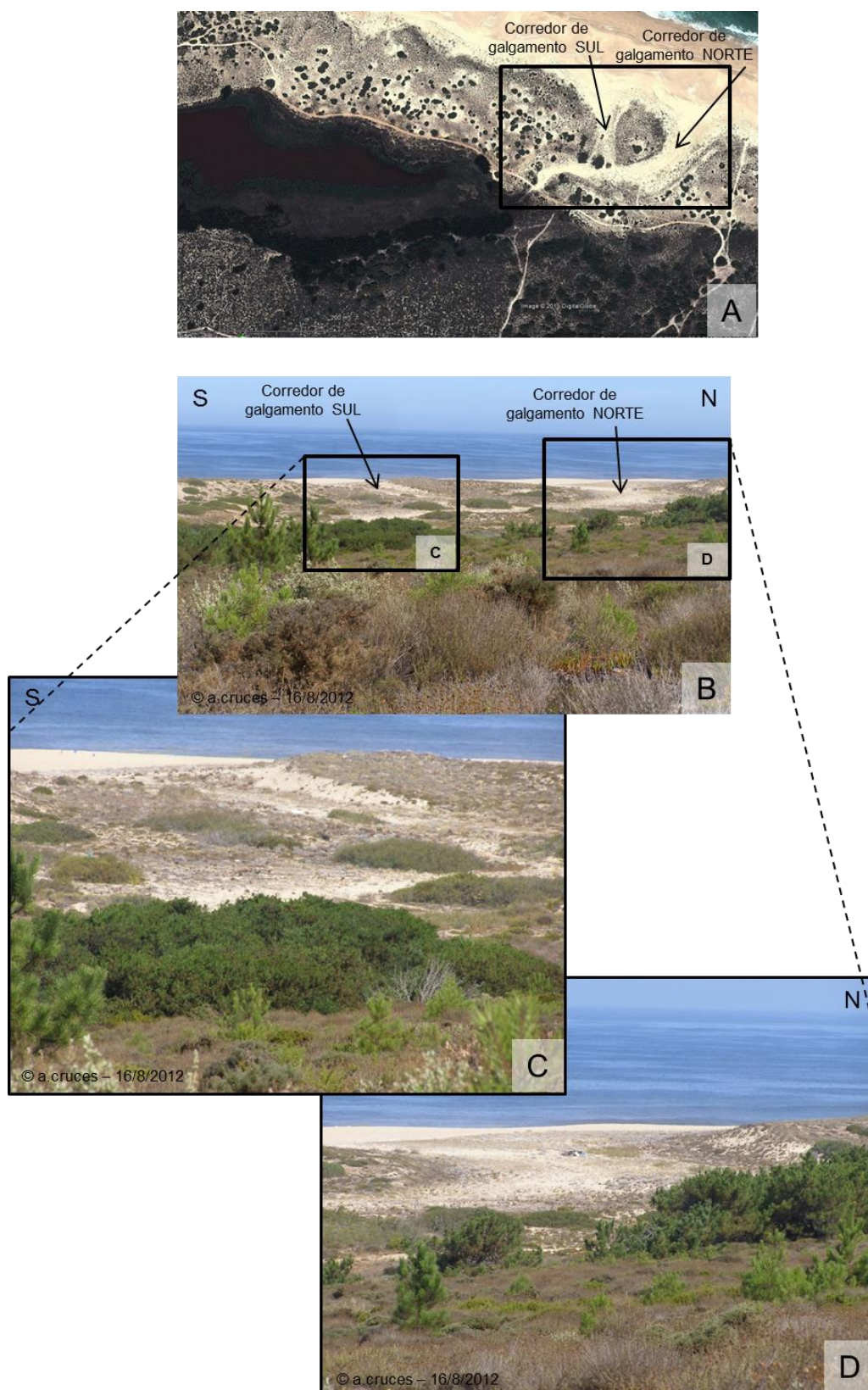


**Foto A.V.4-9** - Aspectos dos sedimentos do fundo da Lagoa da Sancha em Outubro de 2009, quando se encontrava completamente seca. A, B, C, D, E, F - fendas de dessecação e polígonos de secagem; G, H - crostas de precipitação na superfície de alguns polígonos, tendo-se observado colorações brancas e amarelas.



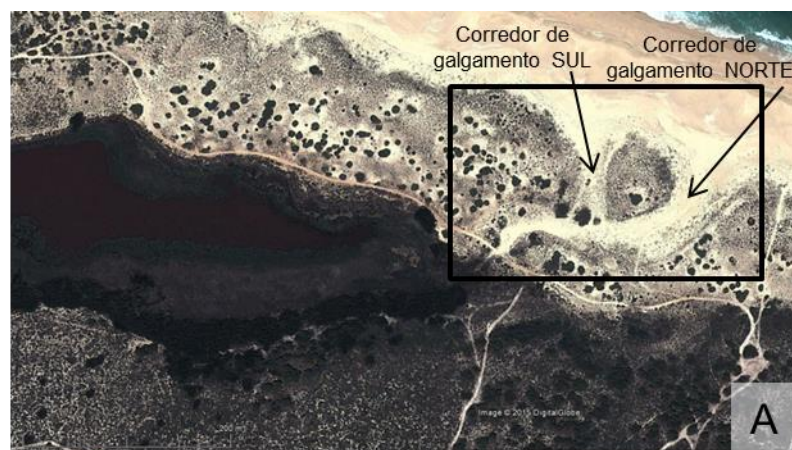


**Foto A.V.4-10** - Lagoa da Sancha em 6 de Março de 2012.



**Foto A.V.4-11** - Zona vestibular da Lagoa da Sancha em 16/8/2012. É neste sector, onde o cordão dunar se apresenta com cotas apicais mais baixas que em épocas de temporal é galgado pelas ondas de maior dimensão. Note-se a existência de dois corredores de galgamento que em épocas de calmaria oceânica funcionam como corredores eólicos. A - imagem de satélite Google Earth de 9/5/2012; B - secção mais baixa do cordão dunar a norte da Lagoa da Sancha, com duas incisões (corredores de galgamento); C - corredor de galgamento SUL com cicatriz bem evidente; D- corredor de galgamento NORTE.





**Foto A.V.4-12** - Zona vestibular da Lagoa da Sancha em 16/8/2012. É este sector, onde o cordão dunar se apresenta com cotas apicais mais baixas que, que em épocas de temporal é galgado pelas ondas de maior dimensão. Note-se a existência de dois corredores de galgamento que em épocas de calmaria oceânica funcionam como corredores eólicos. A - imagem de satélite Google Earth de 9/5/2012; B - secção mais baixa do cordão dunar a norte da Lagoa da Sancha, com duas incisões (corredores de galgamento); C - corredor de galgamento SUL com cicatriz bem evidente; D- corredor de galgamento NORTE.



**Foto A.V.4-13** - Lagoa da Sancha em 16 de Agosto de 2012, com um hidrossoma de reduzida espessura (pouco centímetros). Note-se o bordo da laguna de coloração alaranjada, início do aparecimento da crosta de ferro, também visível em agosto de 2002 (ver fotos A.V.4-4/5/6).



**Foto A.V.4-14** - Lagoa da Sancha em 6 de Fevereiro de 2013.

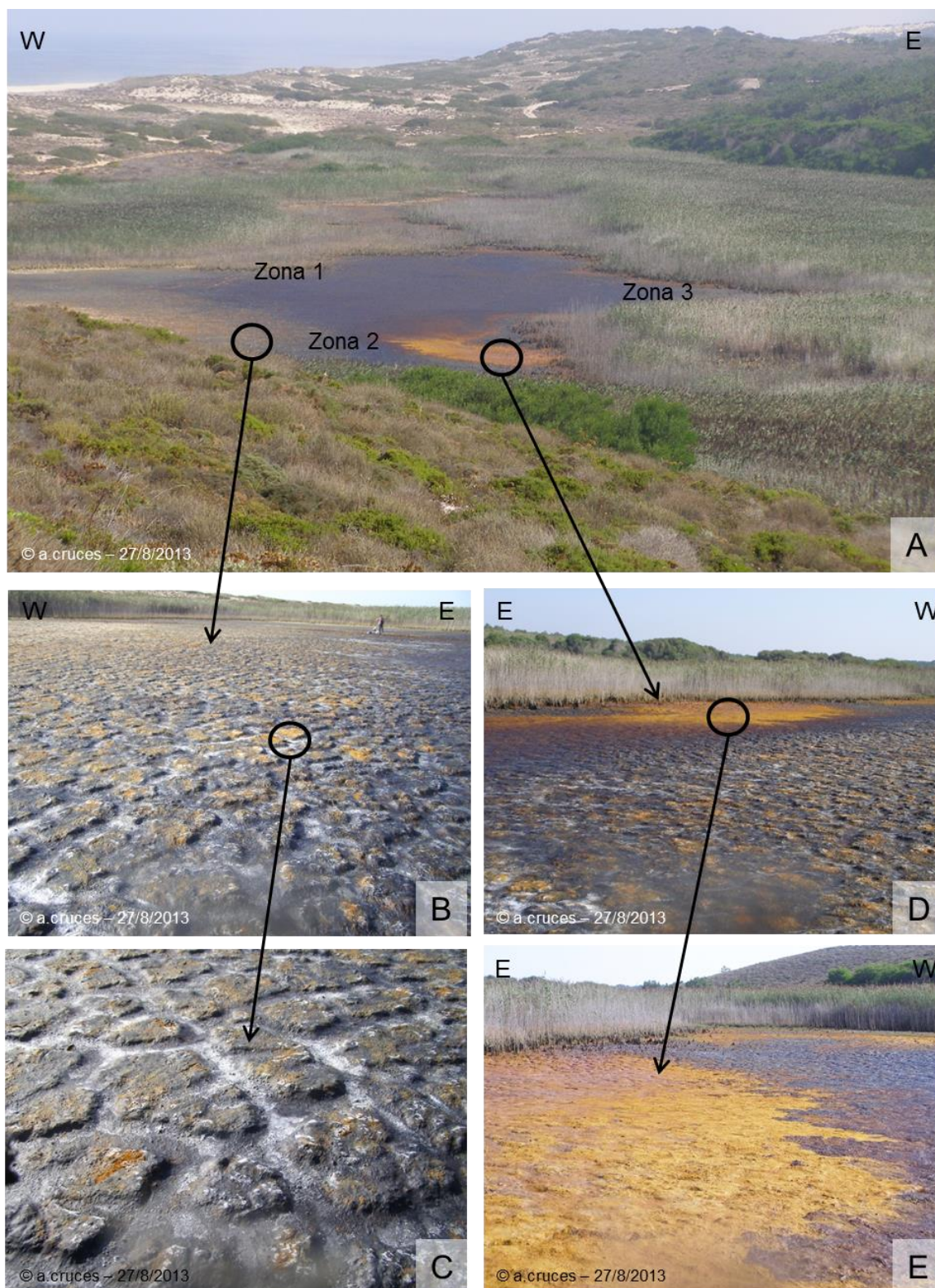




**Foto A.V.4-15** - A - Lagoa da Sancha sem hidrossoma (seca) em Agosto de 2013. Assinalam-se três zonas (1, 2, 3), onde se destacam aspectos diferentes da superfície dos sedimentos.

Zona 1 (B, C, D, E) onde os sedimentos se encontravam secos e endurecidos: B - área W, onde é visível uma película negra que cobre um precipitado alaranjado. Esta película em alguns locais apresenta na sua superfície precipitações esbranquiçadas; C - Pormenor da película descrita em B; D - área N da Zona 1, onde se destacam as marcas de diferentes colorações deixadas na vegetação, pela descida do nível de água. Nesta área a “capa alaranjada” está coberta por pequenas “escamas” (incrustações) brancas. Ambos os materiais envolvem a vegetação; E - Pormenor da precipitação envolvendo os caules da vegetação marginal.

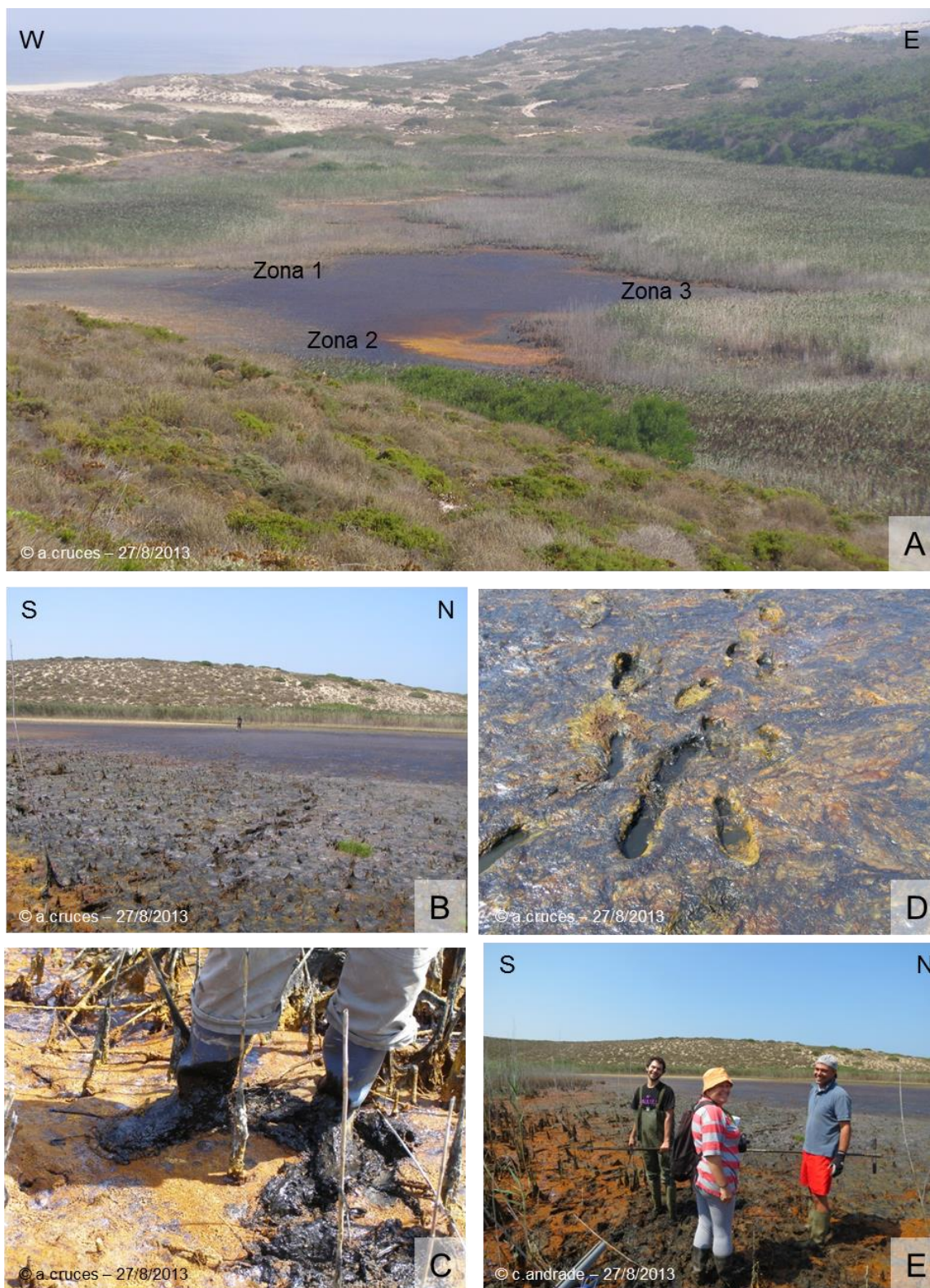




**Foto A.V.4-16** - A - Lagoa da Sancha sem hidrossoma (seca) em Agosto de 2013. Assinalam-se três zonas (1, 2, 3), onde se destacam aspectos diferentes da superfície dos sedimentos.

Zona 2: B - área W, visível uma película negra que cobre os sedimentos e onde se torna visível o aparecimento de polígonos separados por fendas de dessecação; C - Pormenor da zona descrita em B; D - área Este da Zona 2, onde se destaca a coloração alaranjada e arroxeada dos materiais precipitados à superfície. Neste local os sedimentos encontravam-se húmidos; E - Pormenor do descrito em D.

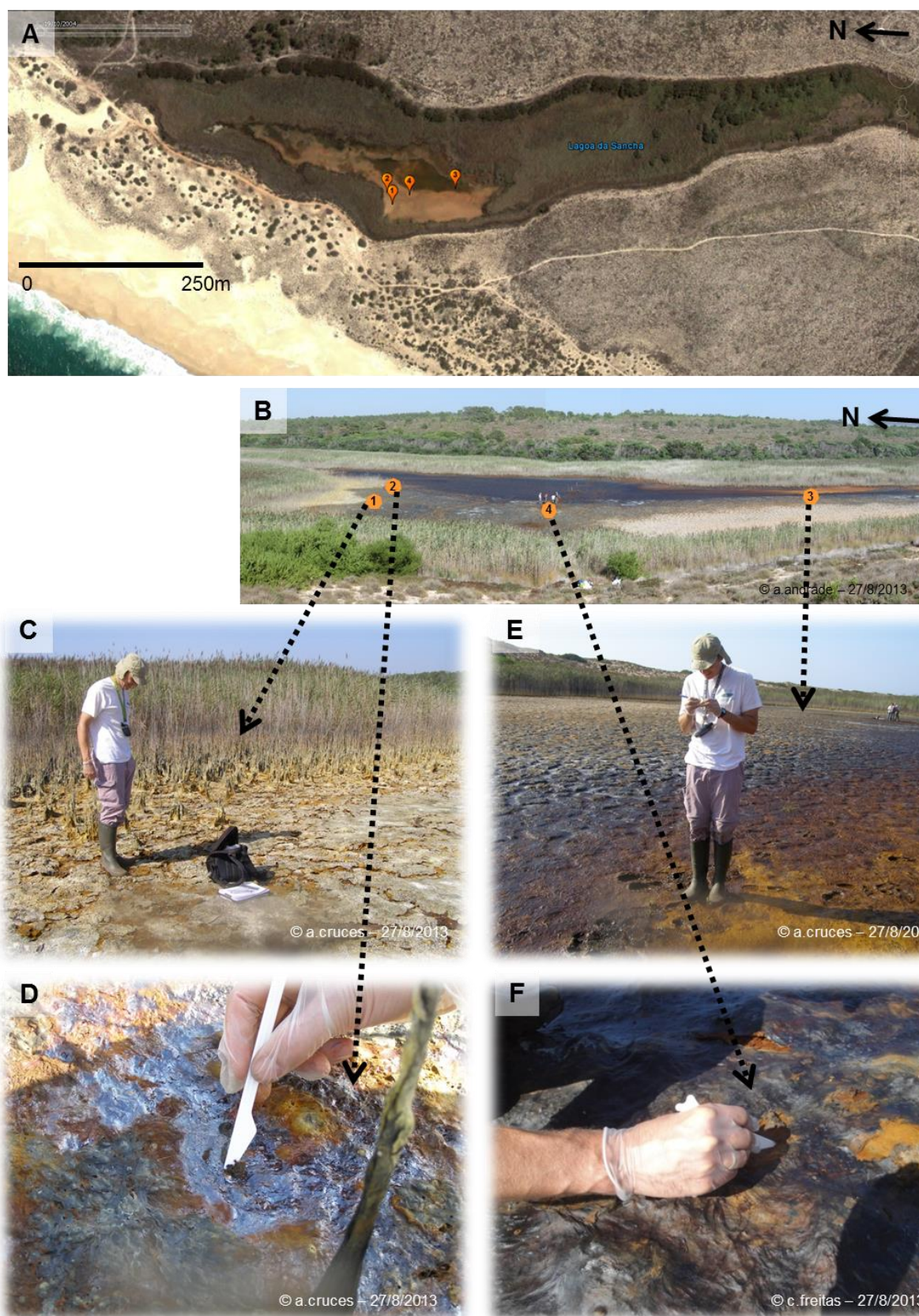




**Foto A.V.4-17** - A - Lagoa da Sancha sem hidrossoma (seca) em Agosto de 2013. Assinalam-se três zonas (1, 2, 3), onde se destacam aspectos diferentes da superfície dos sedimentos.

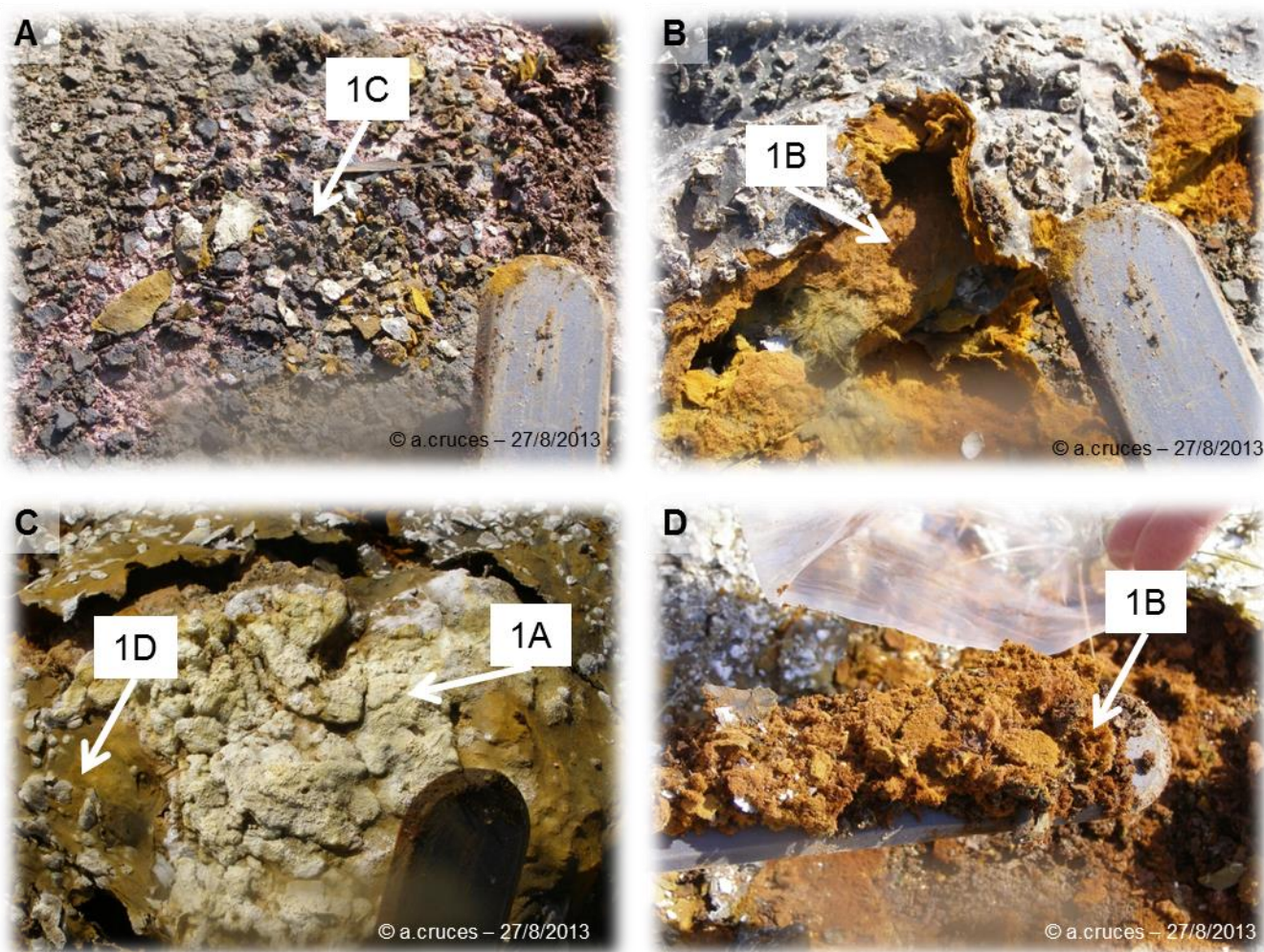
Zona 3 (B, C, D, E) onde os sedimentos se encontravam ainda bastante húmidos, pois o nível freático está muito próximo da superfície. B - aspecto da vasa húmida rica em matéria orgânica; C - precipitação de material alaranjado sobre a vasa preta; D - as pegadas revelam um material alaranjado debaixo da película preta. Note-se que as depressões criadas pelas pegadas ficam cheias de água; E - Nesta Zona, conseguimos caminhar sobre os sedimentos vasosos apesar de húmidos.





**Foto A.V.4-18** - A - Localização dos pontos de recolha de amostras na Lagoa da Sancha (imagem Google Earth, 19/10/2004); B - Localização dos pontos de recolha de amostras na Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013; C - Ponto de amostragem 1; D - Ponto de amostragem 2; E - Ponto de amostragem 3; F - Ponto de amostragem 4.





**Foto A.V.4-19** - Amostras recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013. Dentro das caixas brancas está a referência atribuída a cada amostra recolhida no Ponto de amostragem 1 (ver localização na Foto A.V.4-18).

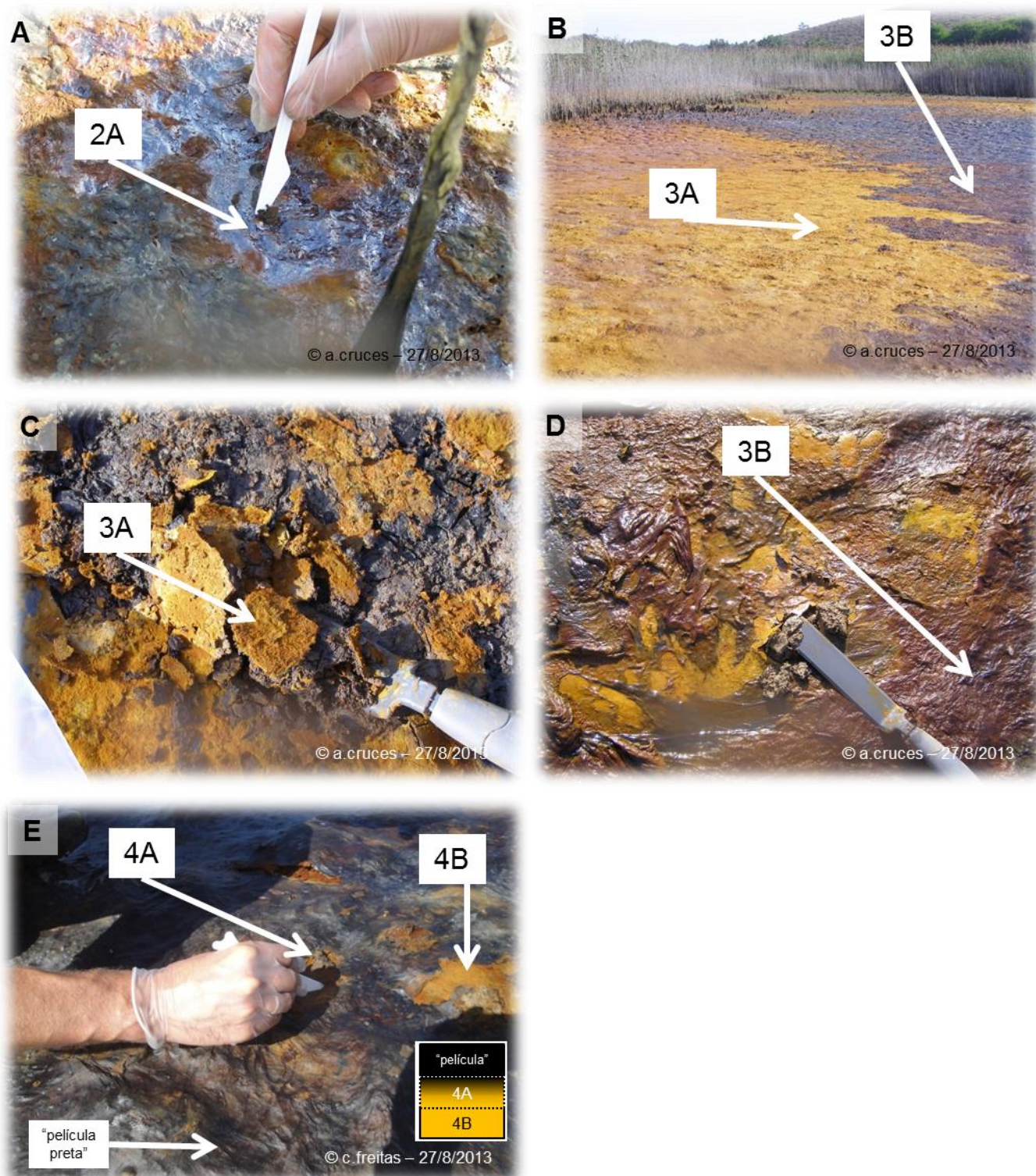
1A - material esbranquiçado;

1B - material alaranjado;

1C - material arroxeado;

1D - material amarelado.





**Foto A.V.4-20** - Amostras recolhidas na superfície dos sedimentos de fundo da Lagoa da Sancha quando esta se encontrava seca dia 27 de Agosto de 2013. Dentro das caixas brancas está a referência atribuída a cada amostra recolhida no Ponto de amostragem 2, 3 e 4 (ver localização na Foto A.V.4-18).

2A - Película oleosa na superfície do sedimento;

3A - material alaranjado;

3B - material arroxeadado;

Película "preta" - material que cobre o amarelado;

4A - zone de transição entre a película "preta" e o precipitado amarelado subjacente;

4B - material amarelado.



*Foto A.V.4-21 - Lagoa da Sancha em 19 de Março de 2014.*





**Foto A.V.4-22** - Campanha de campo (água/sedimentos) na Lagoa da Sancha a 19 de Março de 2014 com os alunos da disciplina de Projecto da licenciatura em Geologia da FCUL.

A - amostra de sedimentos SAN2; B - Medição dos parâmetros físico-químicos do hidrossoma lagunar; C, D - recolha da amostra SAN3A; E - pequena "charca" onde aflora o hidrossoma e onde foram medidos os parâmetros; F - aspecto da água presente na "charca" referida em E; G - recolha da amostra SAN4; H - recolha da amostra SAN5.





**Foto A.V.4-23** - A, B, C - Recolha de sedimentos fluviais, em Fevereiro de 2004, na ribeira do Barranco dos Bêbados, afluente da Lagoa da Sancha nas estações LSF1, LSF2 e LSF3, respectivamente. D - recolha de sedimentos Plio-Quaternários expostos em afloramento no areeiro abandonado - areeiro da Sanchinha (Estação LSPQ).

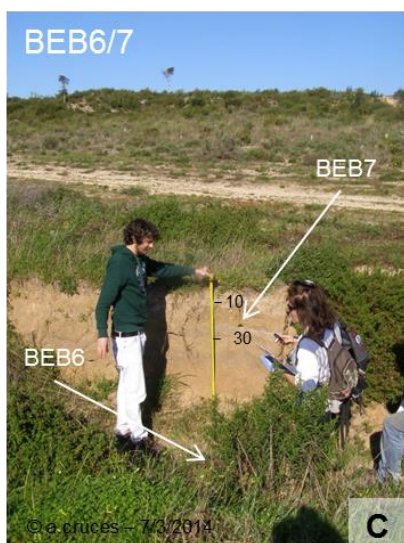




**Foto A.V.4-24** - Campanha de campo (recolha de sedimentos/solos) na bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha a 19 de Março de 2014 com os alunos da disciplina de Projecto da licenciatura em Geologia da FCUL. Amostragem no canal e na planície de inundação da ribeira do Barranco dos Bêbados.

A, B - amostragem no leito da ribeira (BEB1); C - amostragem na planície aluvial, num campo de produção de milho (BEB2); D - secção da ribeira entre os pontos de amostragem BEB3 e BEB6; E - canal da ribeira, vista para jusante, durante a recolha da amostra BEB3; F - canal da ribeira, vista para montante do ponto de amostragem BEB3; G, H - amostragem na margem direita do canal (BEB4, BEB4A).





**Foto A.V.4-25** - Campanha de campo (recolha de sedimentos/solos ) na bacia hidrográfica da Lagoa da Sancha a 19 de Março de 2014 com os alunos da disciplina de Projecto da licenciatura em Geologia da FCUL. A, B - amostragem na planície de inundação da ribeira do Barranco dos Bêbados; C - amostragem no canal (BEB6) e na margem direita do canal (BEB7); D - amostragem na planície de inundação num campo em pousio (BEB8); E, F - amostragem numa charca temporária; G - amostragem no canal da ribeira da Sancha.





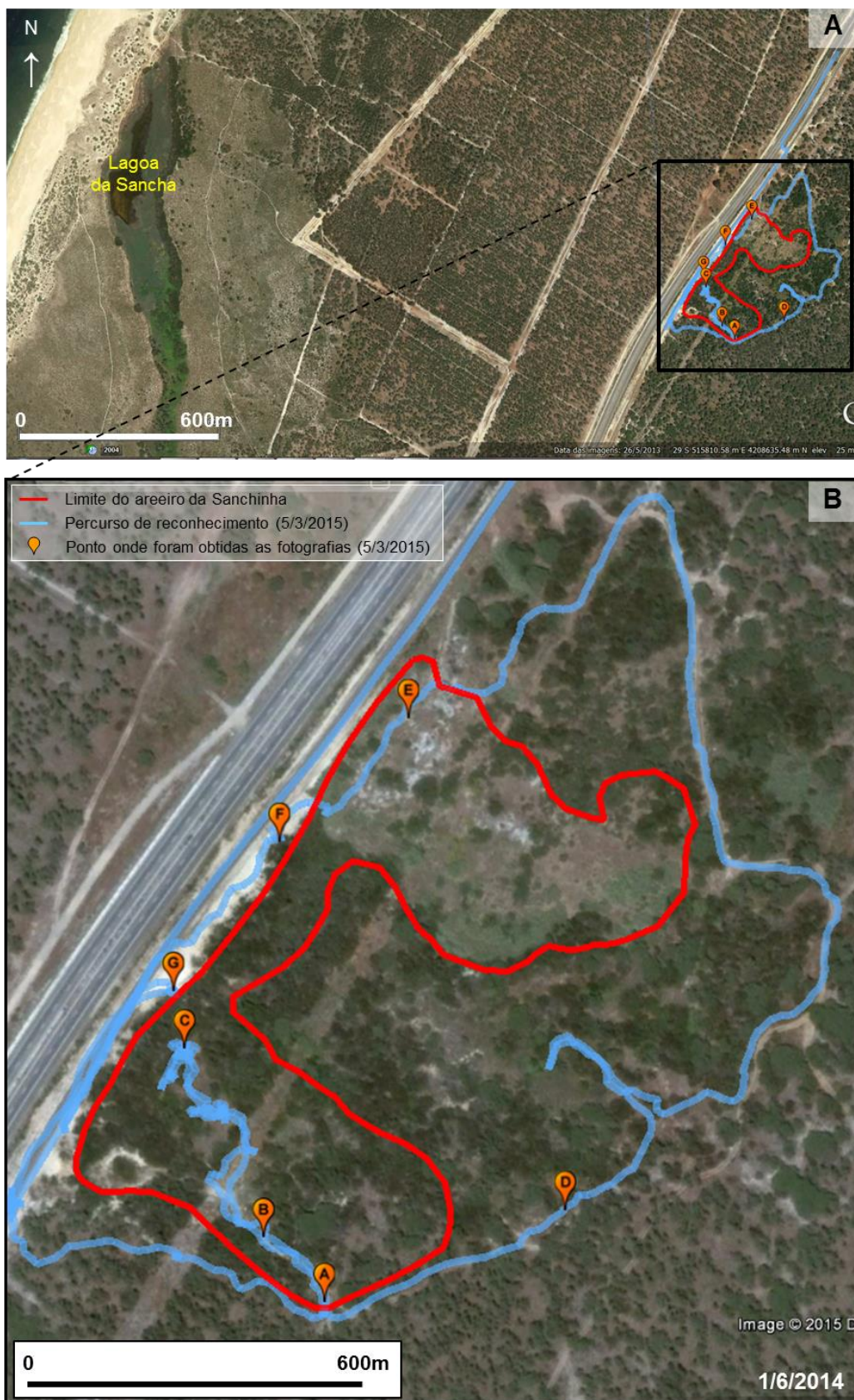
**Foto A.V.4-26** - Amostragem de solos e resíduos no areeiro da Sanchinha: A - identificação de três locais de amostragem, junto a bidons com resíduos (1, 2, 3); B - local de amostragem nº 2; C, E - recolha do solo no ponto de amostragem 1 (TW1); D, F - recolha de solo (TW2) e resíduo (TW2A) no ponto de amostragem 2; G, H - recolha de solo (TW3) junto ao bidon com resíduo viscoso ; I - recolha de solo (TW4) num local de cobertura dos resíduos.





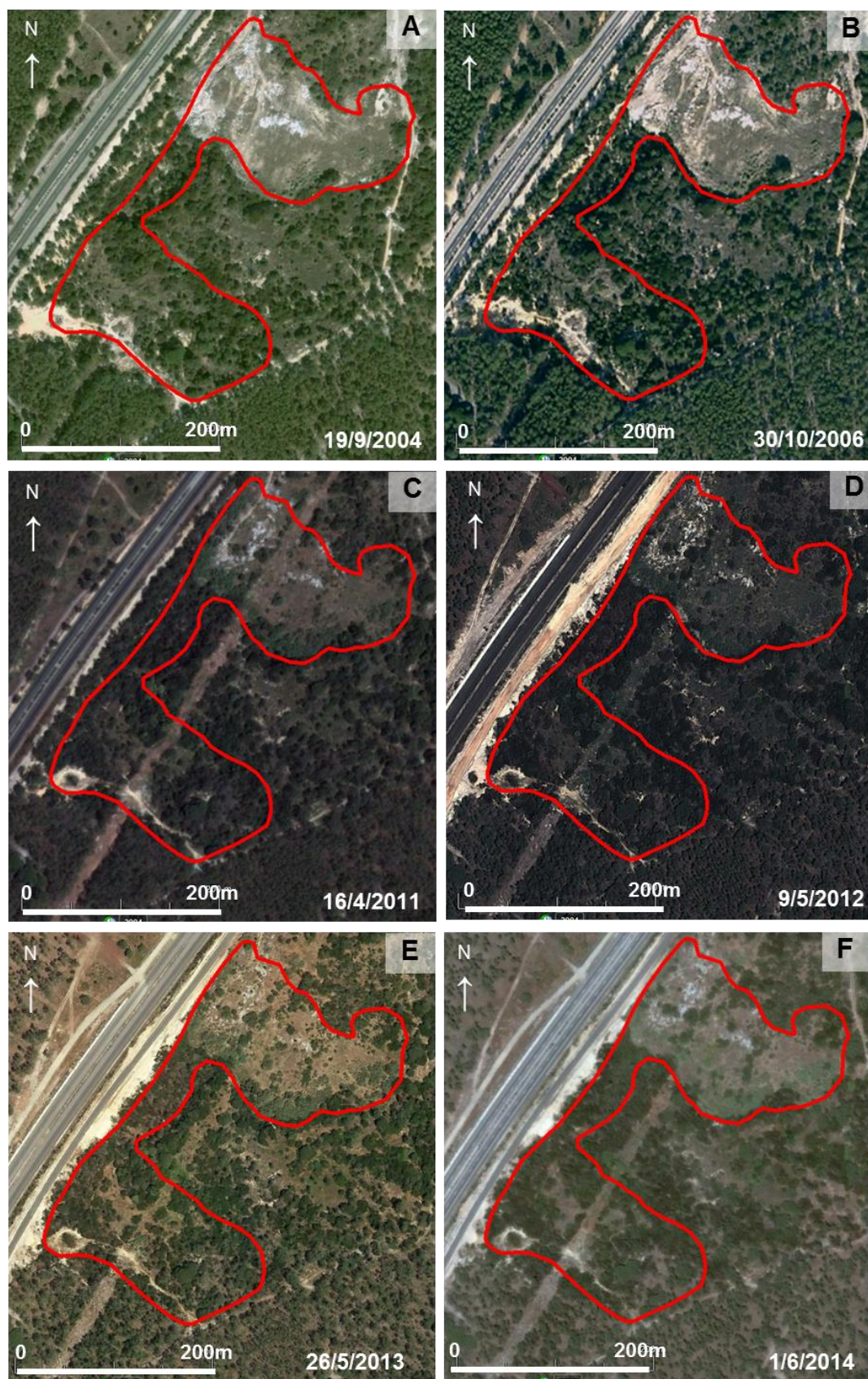
**Foto A.V.4-26 (continuação)** - Amostragem de solos e resíduos no areeiro da Sanchinha: A - identificação de três locais de amostragem, junto a bidons com resíduos (1, 2, 3); B - local de amostragem nº 2; C, E - recolha do solo no ponto de amostragem 1 (TW1); D, F - recolha de solo (TW2) e resíduo (TW2A) no ponto de amostragem 2; G, H - recolha de solo (TW3) junto ao bidon com resíduo viscoso ; I - recolha de solo (TW4) num local de cobertura dos resíduos.





**Foto A.V.4-27** - A - Localização do areeiro (saibreira) da Sanchinha; B - Definição do perímetro (limite a vermelho) das duas células principais do areeiro da Sanchinha, obtido após comparação de imagens de satélite (ver Foto A.V.4-28) e reconhecimento de campo (6/3/2015 - linha azul). Os balões a laranja indicam locais onde foram tiradas fotografias a diferentes tipos de resíduos (ver Foto A.V.4-31).





**Foto A.V.4-28** - Sequência de imagens de satélite que permitiram ajudar a estabelecer o limite do areeiro da Sanchinha, juntamente com o reconhecimento de campo (6/3/2015). Note-se como o crescimento da vegetação foi cobrindo os resíduos, principalmente da célula norte.





**Foto A.V.4-29** - Dispersão de resíduos de natureza variada no pinhal adjacente ao antigo areeiro da Sanchinha. O pinhal é utilizado pela população local como zona de despejo de resíduos, principalmente Resíduos de Construções e Demolições (RCDs).





**Foto A.V.4-30** - Dispersão de resíduos de natureza variada no areeiro da Sanchinha. Na célula Norte a maior parte dos resíduos foram identificados como pertencentes à categoria de Resíduos de Construções e Demolições (RCDs).





**Foto A.V.4-31** - Fotos tiradas durante a campanha de reconhecimento do limite do antigo areeiro da Sanchinha. Este areeiro, a partir dos finais dos anos 70 funcionou como lixeira para recepção de resíduos indiferenciados (para ver o local onde foram obtidas as fotos ver FOTO A.V.4-27).

Ponto A - pilares da corrente da entrada da lixeira; Ponto B - resíduos de plástico; Ponto C - numerosos bidons com resíduos de hidrocarbonetos; Ponto D, E, F - Resíduos de Construção e Demolições; Ponto G - Lamas oleosas derramadas.

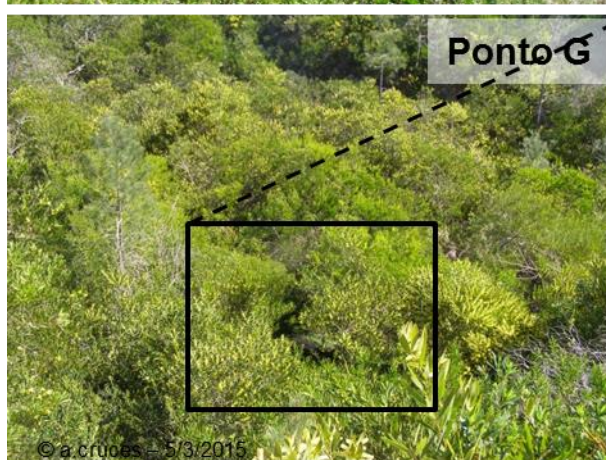




**Foto A.V.4-31 (continuação)** - Fotos tiradas durante a campanha de reconhecimento do limite do antigo areeiro da Sanchinha. Este areeiro, a partir dos finais dos anos 70 funcionou como lixeira para recepção de resíduos indiferenciados (para ver o local onde foram obtidas as fotos ver FOTO A.V.4-27).

Ponto A - pilares da corrente da entrada da lixeira; Ponto B - resíduos de plástico; Ponto C - numerosos bidons com resíduos de hidrocarbonetos; Ponto D, E, F - Resíduos de Construção e Demolições; Ponto G - Lamas oleosas derramadas.





**Foto A.V.4-31 (continuação)** - Fotos tiradas durante a campanha de reconhecimento do limite do antigo areeiro da Sanchinha. Este areeiro, a partir dos finais dos anos 70 funcionou como lixeira para recepção de resíduos indiferenciados (para ver o local onde foram obtidas as fotos ver FOTO A.V.4-27).

Ponto A - pilares da corrente da entrada da lixeira; Ponto B - resíduos de plástico; Ponto C - numerosos bidons com resíduos de hidrocarbonetos; Ponto D, E, F - Resíduos de Construção e Demolições; Ponto G - Lamas oleosas derramadas.

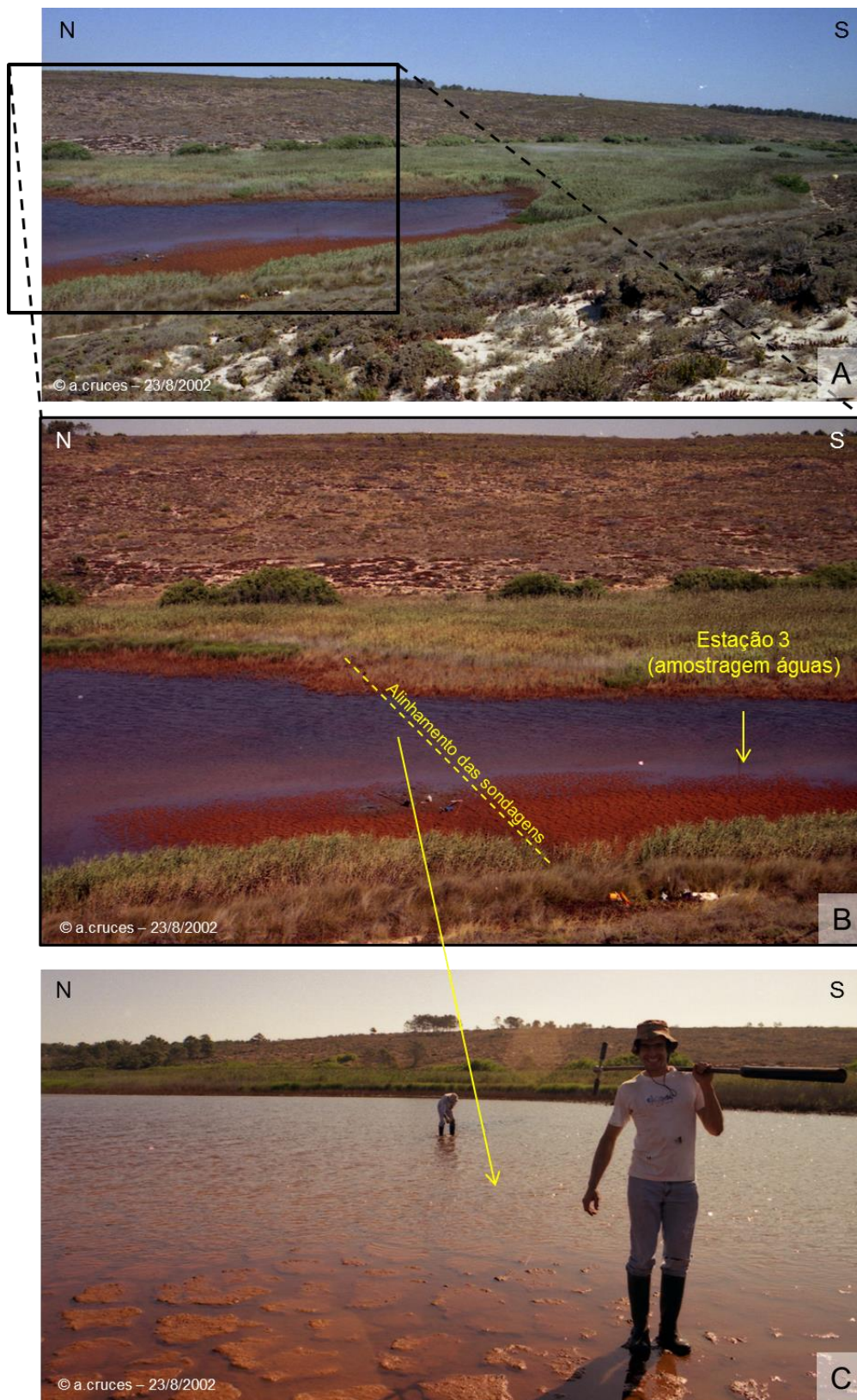




**Foto A.V.4-32** - Evolução do local onde se encontraram os bidons com hidrocarbonetos. Note-se a degradação avançada de um dos bidons que em Maio de 2012 (A, B) se encontrava já danificado, tendo-se iniciado o derrame do seu conteúdo para o solo e que nos anos subsequentes era já evidente a evolução da degradação deste recipiente com o seu consequente esvaziamento (C, D, E, F, G, H).

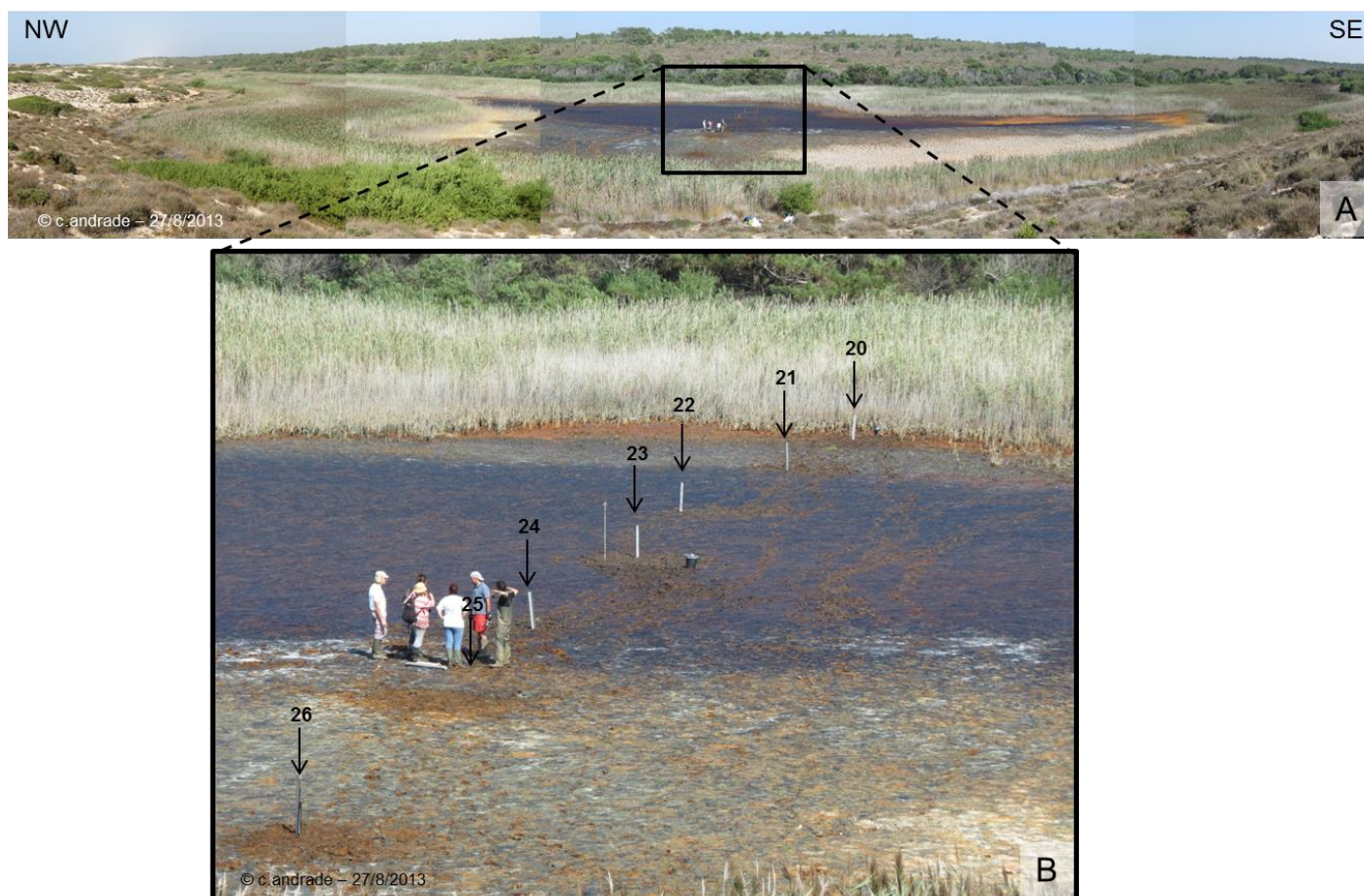


## A.V.4.2 MACROESCALA



**Foto A.V.4-33** - A - Lagoa da Sancha em Agosto de 2002 quando se realizou a campanha de recolha das sondagens LS1 a LS16; B - Alinhamento do perfil de sondagens LS1 a LS16 e local da estação 3 das campanhas de monitorização da qualidade da água; C - aspecto do fundo lagunar ao longo do perfil de sondagens.





**Foto A.V.4-34** - A - Lagoa da Sancha em Agosto de 2013 quando se realizou a campanha de recolha das sondagens 13LS20 a 13LS26; B - Localização das sondagens 13LS20 a 13LS26, ao longo do perfil transversal da depressão da Lagoa da Sancha.



**Foto A.V.4-35** - Lagoa da Sancha em Agosto de 2013 quando se realizou a campanha de recolha das sondagens 13LS20 a 13LS26. As setas indicam a posição das referidas sondagens ao longo do perfil transversal da depressão da Lagoa da Sancha.



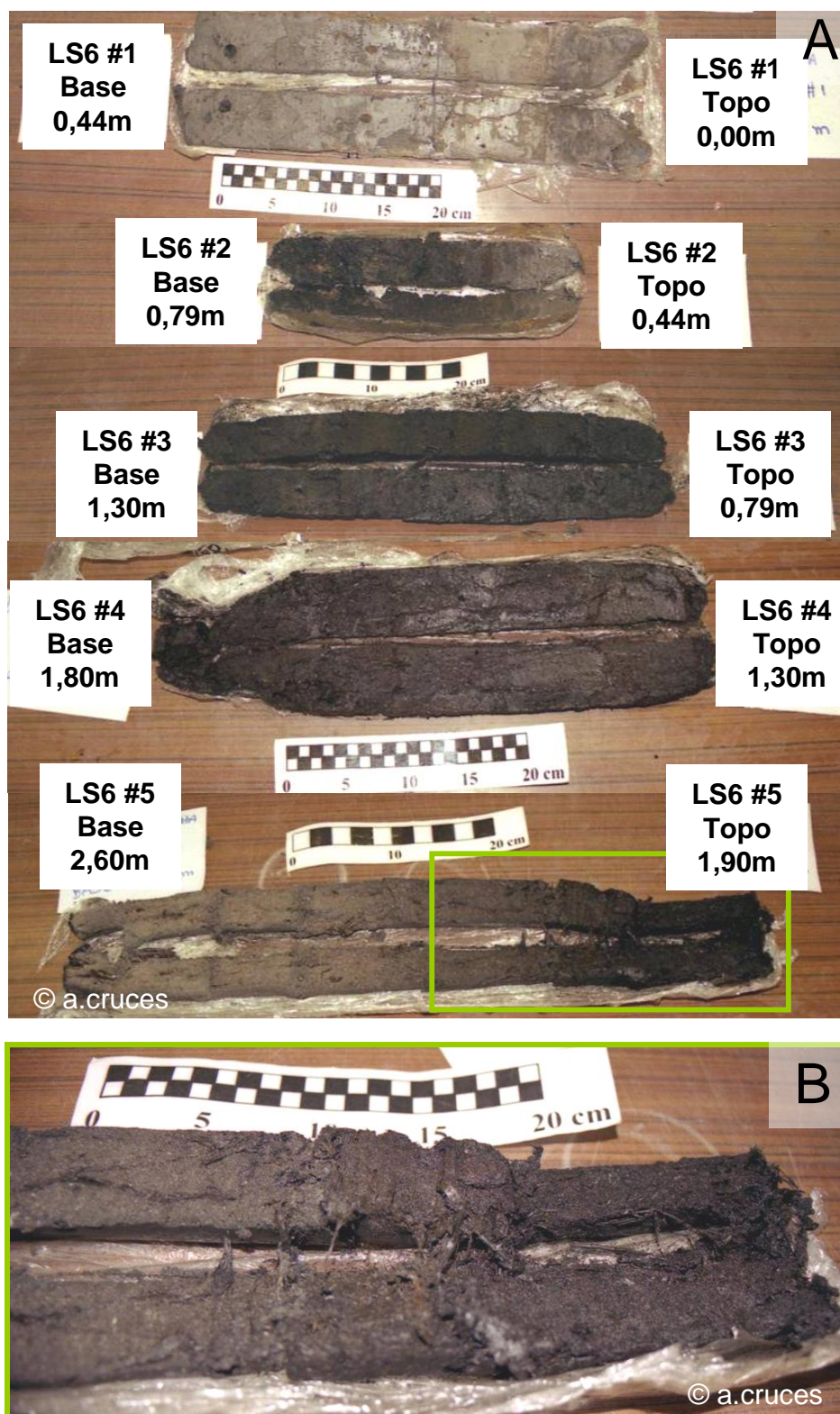


**Foto A.V.4-36** - Realização das sondagens na campanha de 27 de Agosto de 2013, na Lagoa da Sancha, com recurso a equipamento de perfuração manual ligeiro. A - vasas cinzentas orgânicas do primeiro metro recolhido nas sondagens; B - turfa grosseira acastanhada recolhida nos níveis mais profundos das sondagens; C - durante os trabalhos de prospecção.

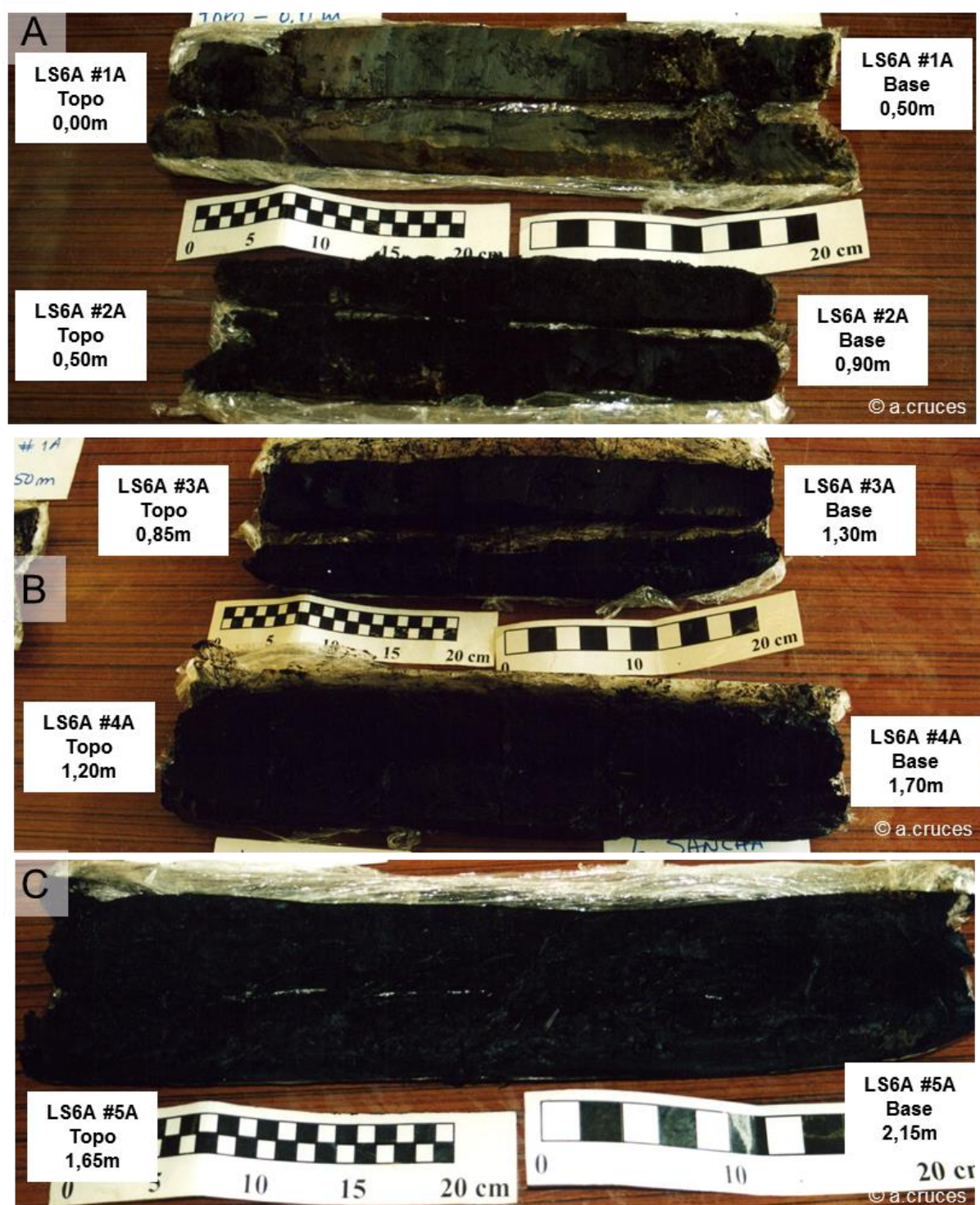


**Foto A.V.4-37** - A, B, C, D - Realização da sondagem 13LS23, na campanha de 27 de Agosto de 2013, na Lagoa da Sancha, com recurso a equipamento Livingstone.





**Foto A.V.4-38** - A - Sedimentos recuperados na sondagem LS6 com recurso a um amostrador do tipo meia-cana; B - Pormenor do topo do segmento #5 entre 1,90-2,60m, onde as areias do Complexo Dunar Antigo se encontram enriquecidas em matéria orgânica (componente que lhes confere cor escura - (subunidade Ib) passam para turfas grosseiras (unidade II).



*Foto A.V.4-39 - Sedimentos recuperados na sondagem LS6A com recurso a um amostrador do tipo meia-cana; Note-se o primeiro metro mais vasoso contrastando com o carácter mais turfoso dos sedimentos subjacentes.*





**Foto A.V.4-39 (continuação)** - Sedimentos recuperados na sondagem LS6A com recurso a um amostrador do tipo meia-cana; Note-se o contraste entre os materiais turfosos entre os 2,20-2,80 m com as areias da base de sondagem que empobrecem em matéria orgânica nos níveis mais profundos, passando a areias “lavadas”.



**Foto A.V.4-40** - Sedimentos recuperados na sondagem LS10 com recurso a um amostrador do tipo Van der Stay.

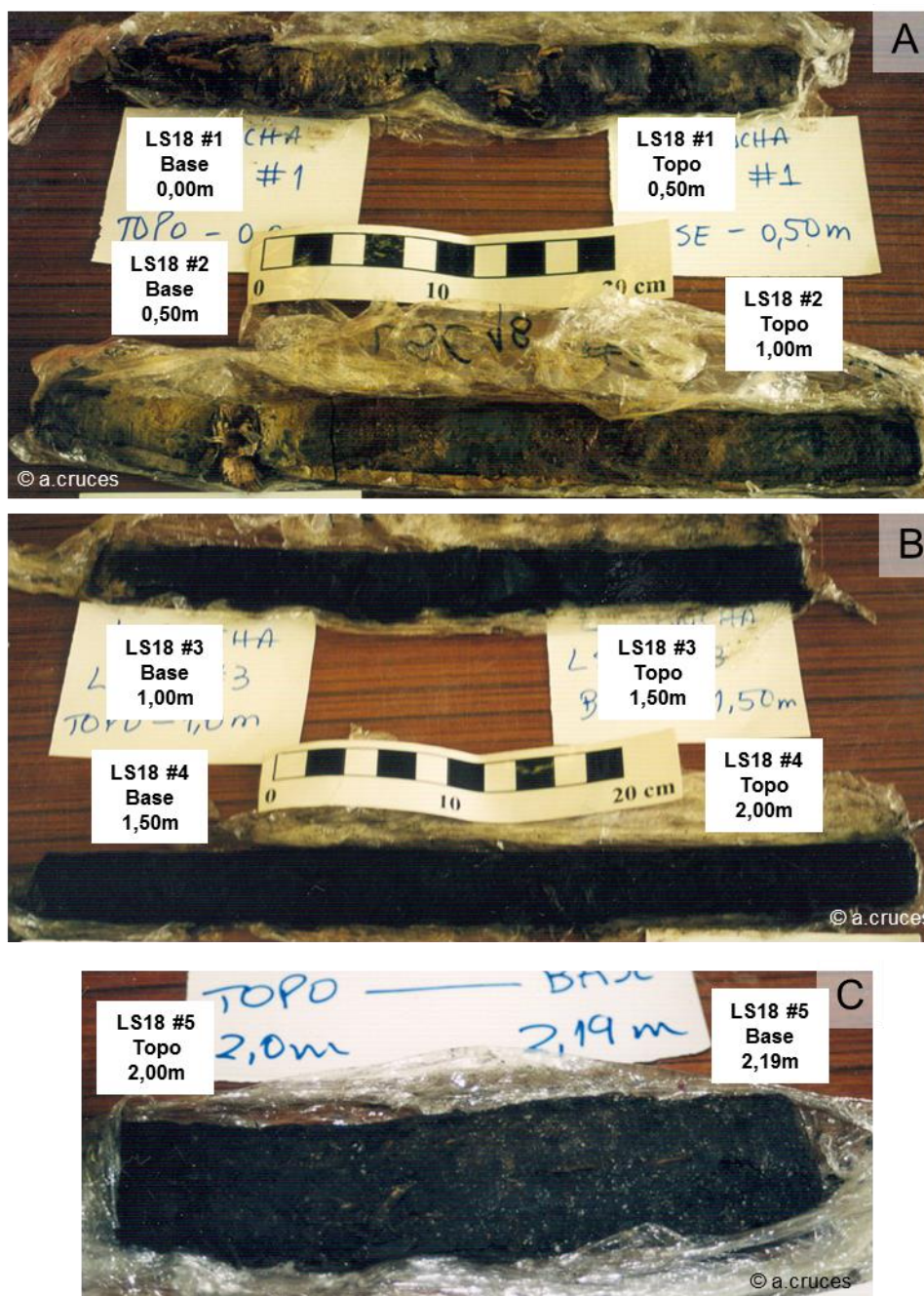


Foto A.V.4-41 - Sedimentos recuperados na sondagem LS18 com recurso a um amostrador do tipo meia-cana.



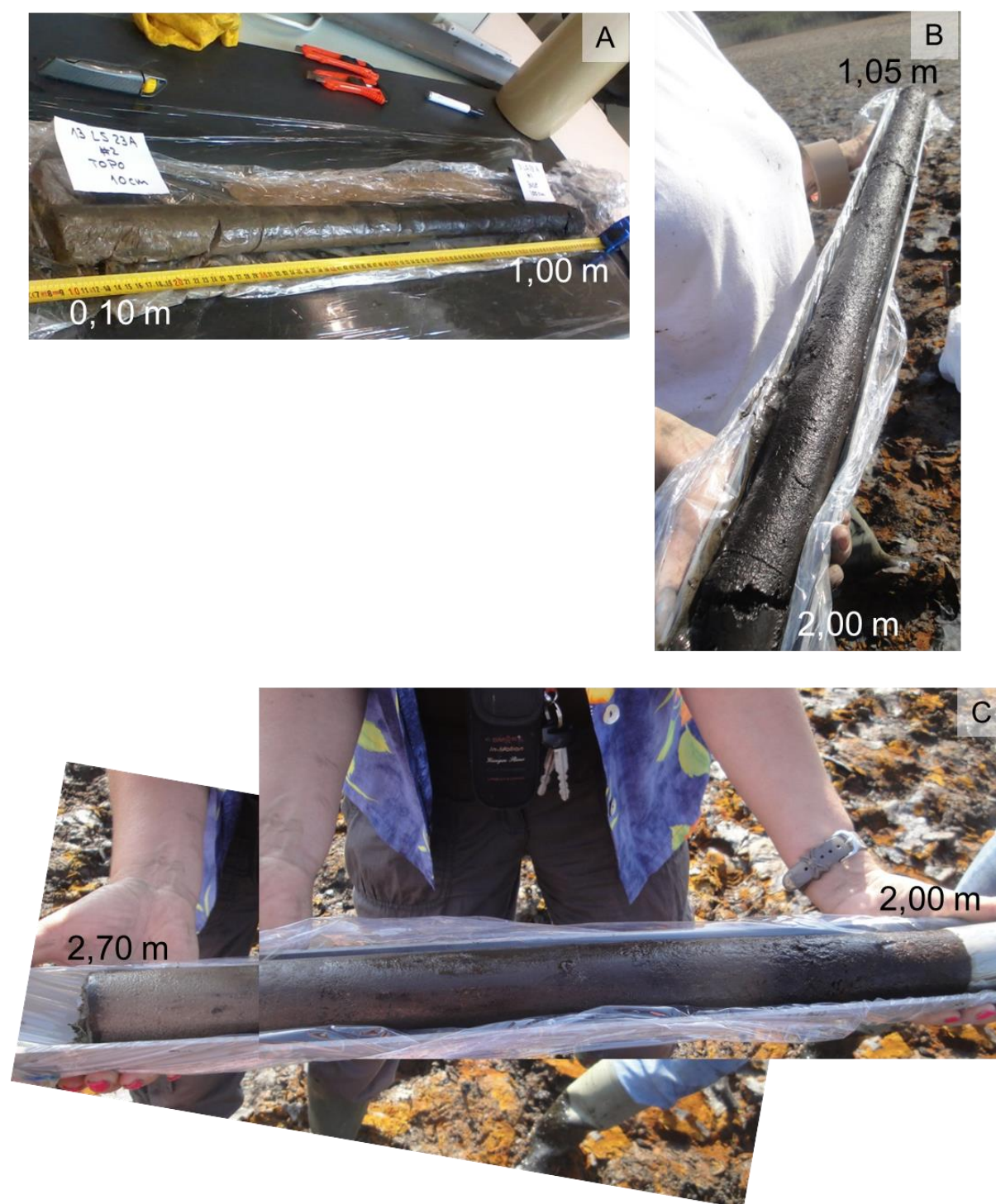
Foto A.V.4-42 - Sedimentos recuperados na sondagem LS18 com recurso a um amostrador do tipo Van der Stay.





**Foto A.V.4-43 - A - Sedimentos recuperados na sondagem 13LS23 com recurso a um amostrador Livingstone, durante a campanha de 27 de Agosto de 2013. Sequência de extracção do testemunho de sondagem.**





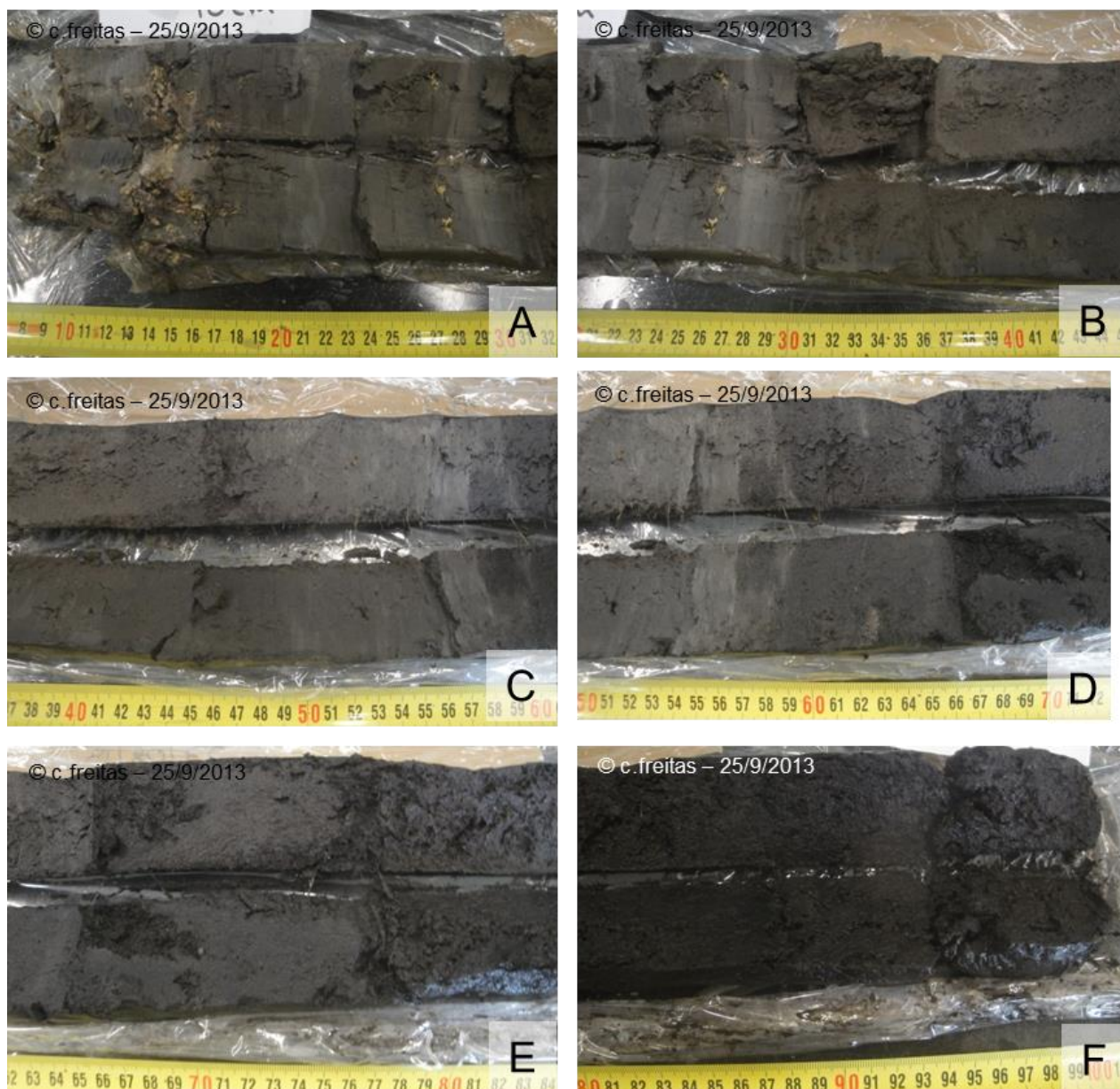
**Foto A.V.4-44** - Sedimentos recuperados na sondagem 13LS23 com recurso a um amostrador Livingstone, durante a campanha de 27 de Agosto de 2013.

A - durante a abertura do testemunho em laboratório. Note-se a textura mais vasosa e acastanhada do topo da sequência; B - passagem progressivamente a materiais mais turfosos para a base; C - passagem das turfas às areias da base.





**Foto A.V.4-45** - Primeiro metro da sondagem sondagem 13LS23 (Lagoa da Sancha), aberto longitudinalmente no laboratório para descrição macroscópica e início das análises sedimentológicas. A - segmento #1 dos 0,0 a 0,10 m; B - segmento #2 dos 0,10 m a 1,0 m.

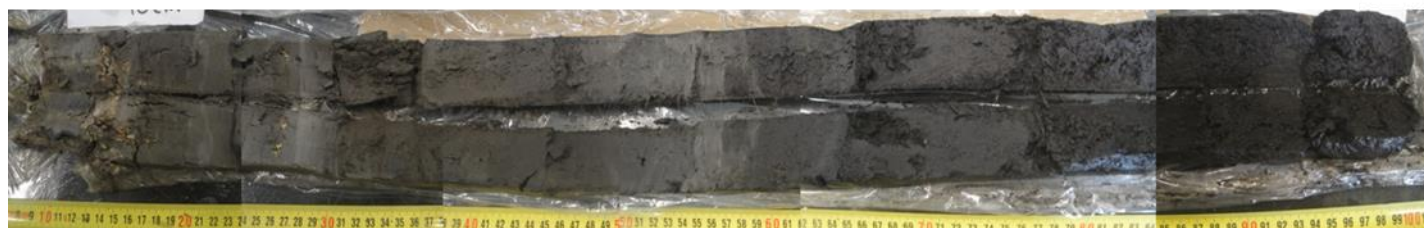


**Foto A.V.4-46** - Segmento #2 (0,1 m a 1,0 m) da sondagem sondagem 13LS23 (Lagoa da Sancha), aberto longitudinalmente no laboratório para descrição macroscópica e início das análises sedimentológicas. A fita métrica indica a profundidade real da sondagem.



**A**

© c.freitas – 25/9/2013

**B**

© c.freitas – 25/9/2013

**Foto A.V.4-47** -Primeiro metro da sondagem 13LS23 (Lagoa da Sancha), aberto longitudinalmente no laboratório para descrição macroscópica e início das análises sedimentológicas. A - segmento #1 dos 0,0 a 0,10 m; B - segmento #2 dos 0,10 m a 1,0 m.